KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

PAKET KEAHLIAN BUDIDAYA RUMPUT LAUT

GLOSARIUM

Acetoin : 3-hidroksibutanon atau asetil metil karbinol, dengan rumus molekul $C_4H_8O_2$, cairan tidak berwarna atau kuning pucat hingga kuning kehijau-hijauan. Asetoin adalah molekul kiral

Algae blooming : Suatu kondisi di mana populasi alga di dalam ekosistem perairan mengalami peningkatan populasi dikarenakan perubahan kondisi lingkungan. Umumnya spesies yang terlibat hanya sedikit

Amigdalin : Molekul dengan empat komponen - dua glukosa (gula), salah satu dari benzaldehida dan satu sianida

Amitosis : Reproduksi sel di mana sel membelah diri secara langsung tanpa melalui tahap-tahap pembelahan sel

Arabinosa : Senyawa karbohidrat dengan jenis monosakarida aldopentosa yang diketahui memiliki empat gugus alkohol (tetra-ol). Arabinosa disebut juga gula pektin atau pektinosa

Arginin : Asam amino non-esensial, yang berarti dapat dibentuk oleh tubuh dan tidak perlu diperoleh secara langsung dari sumber makanan

Auxin : Zat hormon tumbuhan yang ditemukan pada ujung batang, akar, dan pembentukan bunga yang berfungsi untuk sebagai pengatur pembesaran sel dan memicu pemanjangan sel di daerah belakang meristem ujung

Biofilter	:	Upaya perbaikan kualitas air dengan memanfaatkan organisme biologi
Biofouling	:	Penempelan dan pertumbuhan organisme pada permukaan benda atau material yang terbenam di laut
Biomolekuler	:	Senyawa-senyawa organik sederhana pembentuk organisme hidup dan bersifat khas sebagai produk aktivitas biologis.
Cytochrome	:	Hemoprotein yang mengandung gugus heme dan berfungsi sebagai pengusung elektron
Dekarboksilase lysine	:	Reaksi dimana asam karboksilat kehilangan CO_2 dengan penambahan lisin
Diferensiasi	:	Proses ketika sel kurang khusus menjadi jenis sel yang lebih khusus
Diurnal	:	Sifat perilaku hewan (atau juga tumbuhan) yang aktif di siang hari, sementara di malam harinya tidur.
Enteron	:	Saluran pencernaan secara keseluruhan (mulai dari mulut sampai anus)
Eukariota	:	Organisme dengan sel kompleks, di mana bahan-bahan genetika disusun menjadi nuklei yang terikat membran.
Eutrofikasi	:	Masalah lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah fosfat, khususnya dalam ekosistem air tawar. Definisi dasarnya adalah pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan ke dalam ekosistem air.
Fikobilin	:	Gabungan dari fikosianin (berwarna biru) dan fikoeritrin (berwarna merah), pigmen pelengkap yang terdapat

dalam ganggang merah dan ganggang biru, tapi tidak ada pada tumbuhan tingkat tinggi.

Fikoeritrin : Pigmen merah laut air yang terdapat pada kloropas Rhodophyta.

Fikokoloid : Senyawa koloid yang dihasilkan rumput laut

Fitohormon : Sekumpulan senyawa organik bukan hara (nutrien), baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia, yang dalam kadar sangat kecil mampu mendorong, menghambat, atau mengubah pertumbuhan, perkembangan, dan pergerakan (taksis) tumbuhan

Fototaksis : Merupakan gerak taksis (mendekati atau menjauhi) sumber cahaya.

Fukosantin : Bagian dari karotenoid yang memiliki rumus $C_{42}H_{58}O_6$. Fukosantin berwarna oranye, termasuk kelompok xantofil dari karotenoid. Pigmen ini banyak ditemukan pada beberapa spesies alga coklat. Fukosantin mampu mengabsorbsi energi warna hijau-biru dan melewatkannya ke klorofil untuk proses fotosintesis, aktivitas tersebut ditunjukkan dengan sifat absorbsi pada panjang gelombang 400-540 nm

Galur/strain : Sekelompok individu yang memiliki komposisi genetik yang serupa sebagai akibat perkawinan sekerabat

Gelatin : Zat kimia padat, tembus cahaya, tak berwarna, rapuh, dan tak berasa, yang didapatkan dari kolagen yang berasal dari berbagai produk sampingan hewan

Genetic dwarfism : Gangguan genetik yang menyebabkan perawakan pendek

disebabkan karena adanya mutasi kromosom

Giberallin	:	Asam giberelat adalah semua anggota kelompok hormon tumbuhan yang memiliki fungsi yang serupa atau terkait dengan bioassay GA1.
Gouging	:	Luka kecil pada thallus rumput laut (lecet)
Grazer	:	Biota air yang memiliki kebiasaan makan dengan cara menggerogoti atau mengambil makanan dengan cara memunguti sedikit demi sedikit secara berkelompok maupun satu per satu
Gymnospermae	:	Tumbuhan berbiji terbuka.tumbuhan berbiji terbuka merupakan kelompok tumbuhan berbiji yang bijinya tidak terlindung dalam bakal buah (ovarium)
Habitus	:	Tindakan naluriah (instinktif) hewan atau kecenderungan alamiah bentuk suatu tumbuhan.
Hydrasil	:	ZPT (Zat Pengatur Tumbuh) bagi tanaman yang dapat merangsang akar, tunas, dan pembuahan.
Indole	:	Suatu senyawa organik yang berupa aromatik heterosiklik. Merupakan senyawa yang banyak dipakai sebagai precursor dalam sintesis di bidang farmasi.
Inhibitor	:	Senyawa organik yang menghambat pertumbuhan secara umum dan tidak ada selang konsentrasi yang dapat mendorong pertumbuhan.
Intertidal	:	Zona yang dipeng aruhi oleh pasang surut air laut dengan luas area yang sempit antara daerah pasang tertinggi dan surut terendah, pada zona ini terdapat variasi faktor lingkungan yang cukup besar,

Intraseluler	:	Bagian dalam sel
Karaginase	:	Senyawa yang diekstraksi dari rumput laut dari Famili *Rhodophyceae* yang terdiri dari rantai poliglikan bersulfat dengan massa molekuler (MR) kurang lebih di atas 100.000 serta bersifat hidrokoloid.
Medula	:	Bagian tengah suatu organ tubuh; pada hewan, misalnya bagian tengah otak (medulla oblongata), tulang (sumsum), dan ginjal; pada tumbuhan, misalnya bagian tengah batang (empulur)
Melibiosa	:	Senyawa yang dapat menginduksi enzim Tersebut walaupun tidak merupakan substarnya
Miosis	:	Reproduksi sel melalui tahap-tahap pembelahan seperti pada mitosis, tetapi dalam prosesnya terjadi pengurangan (reduksi) jumlah kromosom
Mitosis	:	Cara reproduksi sel dimana sel membelah melalui tahap-tahap yang teratur, yaitu Profase Metafase-Anafase-Telofase
Motil	:	Mampu bergerak dengan sendirinya
Parthenocarpy	:	Proses tidak terbentuknya biji dalam buah
Pathogen	:	Mikroorganisme parasit atau agen biologis yang menyebabkan penyakit pada inangnya
Pirenoid	:	Rongga yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan berupa amilum
Planing	:	Kerusakan yang berupa kerusakan di salah satu sisi *thallus* dengan bentuk seperti gesekan

Planktonik	:	Sifat pasif organisme mikro yang melayang mengikuti pergerakan air
Prokariota	:	Makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti sel, sedangkan eukariota memiliki membran inti sel.
Protoklorofil	:	Awal terbentuknya klorofil
Secondary impact	:	Dampak atau infeksi sekunder
Meristem	:	Jaringan pada tumbuhan berwujud sekumpulan sel-sel punca yang aktif melakukan pembelahan sel
Semidiurnal	:	Pasang surut harian ganda, dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur.
Silt	:	Batasan ukuran yang digunakan untuk material yang mempunyai ukuran lebih kecil dari sand (umumnya 0.1 mm) tetapi lebih besar dari Clay (sekitar 0.004 mm).
Sinergisme	:	Kegiatan yg tergabung biasanya pengaruhnya lebih besar dari jumlah total pengaruh masing-masing atau satu per satu
Sitokinesis	:	Sitoplasma sel hewan dibagi menjadi dua melalui terbentuknya cincin kontraktil yang terbentuk oleh aktin dan miosin pada bagian tengah sel.
Sitokinin	:	Sekelompok hormon tumbuhan dan zat pengatur tumbuh yang mendorong terjadinya pembelahan sel di jaringan meristematik
Sitokrom	:	Hemoprotein yang mengandung gugus heme dan

berfungsi sebagai pengusung elektron

Somatic : Semua jenis sel yang membentuk suatu organisme, kecuali sel gamet organisme tersebut

Spermatozoid : Sel sperma atau spermatozoa

Sucrose : Zat sederhana dari karbohidrat

Tip nipping : Tumbuhnya tunas baru pada bekas gigitan thallus rumput laut

Total damage : Kerusakan total pada thallus rumput laut akibat serangan hama dan penyakit

Tribe : Sekelompok yang terhubung satu sama lain

Tryptophan : Merupakan satu dari 20 asam amino penyusun protein yang bersifat esensial bagi manusia. Bentuk yang umum pada mamalia adalah, seperti asam amino lainnya, l-triptofan. Meskipun demikian d-triptofan ditemukan pula di alam.

Virulen : Mikroorganisme yang mampu menyebabkan penyakit

Water mixing : Pengadukan air akibat pergerakan

Zat pengatur tumbuh : Senyawa organik bukan nutrisi yang dalam konsentrasi rendah (< 1 mm) mendorong, menghambat atau secara kualitatif mengubah pertumbuhan dan perkembangan tanaman

Zona photic : Zona atau area perairan dimana masih mendapat cahaya matahari, masih ditemukan proses fotosintesis

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

1. Pengertian

Penanaman rumput laut adalah ilmu yang mempelajari mengenai kegiatan memperbanyak/ memperbesar *thallus* rumput laut berdasarkan jenis rumput laut dan metode budidaya yang diterapkan sehingga dapat diperoleh hasil budidaya yang optimal.

2. Rasional

Tuhan telah menciptakan alam semesta ini dengan segala keteraturannya, dalam kegiatan penanaman rumput laut keteraturan itu selalu ada. Oleh karena itu, segala sesuatu yang dipelajari dalam mata pelajaran teknik penanaman rumput laut membuktikan adanya kebesaran Tuhan.

Aktifitas manusia dalam kehidupan tidak lepas dari gejala atau fenomena alam, pada fenomena alam terdapat pertumbuhan makhluk hidup, pemangsaan, simbiosis dan hubungan lingkungan alam dengan makhluk hidup yang dipelihara.

Keadaan lingkungan alam merupakan faktor penting bagi kehidupan manusia, dan semua makhluk hidup. Lingkungan alam yang dijaga dengan baik maka akan memberikan ketenangan dan kenyamanan bagi kehidupan makhluk hidup.

3. Ruang Lingkup Materi

Materi yang akan dibahas dalam buku teks ini antara lain :

a. Teknik pemeliharaan rumput laut
b. Teknik pengukuran laju pertumbuhan rumput laut

c. Identifikasi hama dan penyakit rumput laut
d. Teknik pengendalian hama dan penyakit rumput laut

B. Prasyarat

Sebelum mempelajari buku teks ini siswa diharapkan telah menyelesaikan dan mata pelajaran dasar program keahlian dan mata pelajaran terkait. Mata pelajaran tersebut antara lain :

1. Dasar-dasar budidaya perairan
2. Pengelolaan kualitas air
3. Kesehatan biota air
4. Produksi pakan alami
5. Produksi pakan buatan
6. Simulasi digital
7. Teknik penanaman rumput laut 1

C. Petunjuk Penggunaan

1. Prinsip-prinsip Belajar

a. Berfokus pada *student* (*student center learning*),
b. Peningkatan kompetensi seimbang antara pengetahuan, keterampilan dan sikap
c. Kompetensi didukung empat pilar yaitu : inovatif, kreatif, afektif dan produktif

2. Pembelajaran

a. Mengamati (melihat, mengamati, membaca, mendengar, menyimak)
b. Menanya (mengajukan pertanyaan dari yang faktual sampai ke yang bersifat hipotesis

c. Pengumpulan data (menentukan data yang diperlukan, menentukan sumber data, mengumpulkan data
d. Mengasosiasi (menganalisis data, menyimpulkan dari hasil analisis data)
e. Mengkomunikasikan (menyampaikan hasil konseptualisasi dalam bentuk lisan, tulisan diagram, bagan, gambar atau media)

3. Penilaian/asessmen

a. Penilaian dilakukan berbasis kompetensi,
b. Peniaian tidak hanya mengukur kompetensi dasar tetapi juga kompetensi inti dan standar kompetensi lulusan.
c. Mendorong pemanfaatan portofolio yang dibuat siswa sebagai *instrument* utama penilaian kinerja siswa pada pembelajaran di sekolah dan industri.
d. Penilaian dalam pembelajaran teknik penanaman rumput laut dapat dilakukan secara terpadu dengan proses pembelajaran.
e. Aspek penilaian pembelajaran teknik penanaman rumput laut meliputi hasil belajar dan proses belajar siswa.
f. Penilaian dapat dilakukan dengan menggunakan tes tertulis, observasi, tes praktik, penugasan, tes lisan, portofolio, jurnal, inventori, penilaian diri, dan penilaian antar teman.
g. Pengumpulan data penilaian selama proses pembelajaran melalui observasi juga penting untuk dilakukan.
h. Data aspek afektif seperti sikap ilmiah, minat, dan motivasi belajar dapat diperoleh dengan observasi, penilaian diri, dan penilaian antar teman.

D. Tujuan Akhir

Pada akhir pembelajaran diharapkan siswa dapat menguasai dan kompeten untuk melakukan teknik penanaman rumput laut dengan dengan menggunakan pendekatan *scientific learning* untuk memenuhi kompetensi inti dan kompetensi dasar dengan keseimbangan sikap, pengetahuan dan keterampilan.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menghayati hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya sebagai bentuk kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya. 1.2 Mengamalkan pengetahuan dan keterampilan pada pembelajaran teknik penanaman rumput laut sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia.
2. Menghayati dan Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Menghayati sikap cermat, teliti dan tanggungjawab sebagai hasil implementasi dari pembelajaran teknik penanaman rumput laut 2.2 Menghayati pentingnya kerjasama sebagai hasil implementasi pembelajaran teknik penanaman rumput laut 2.3 Menghayati pentingnya kepedulian terhadap kebersihan lingkungan laboratorium/lahan praktek sebagai hasil implementasi dari pembelajaran teknik penanaman rumput laut 2.4 Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggung jawab sebagai hasil implementasi dari pembelajaran teknik penanaman rumput laut 2.5 Menjalankan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, objektif, jujur, teliti, cermat, tekun, hati-hati, bertanggungjawab, terbuka, kritis, kretaif, inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
	diskusi dalam mata pelajaran teknik penanaman rumput laut. 2.6 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan
3. Memahami , menerapkan dan menganalisis pengetahuan **faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif** berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menganalisis jenis dan karakteristik rumput laut ekonomis penting 3.2 Menganalisis desain dan tata letak penanaman rumput laut 3.3 Menerapkan teknik penanaman rumput laut 3.4 Menganalisis pemeliharaan rumput laut 3.5 Menganalisis pengendalian hama penyakit rumput laut
4. Mengolah, menalar dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Mengolah, menalar dan menyajikan jenis dan karakteristik rumput laut ekonomis penting 4.2 Mengolah, menalar dan menyajikan desain dan tata letak penanaman rumput laut 4.3 Melakukan teknik penanaman rumput laut 4.4 Melakukan pemeliharaan rumput laut 4.5 Melakukan pengendalian hama penyakit rumput laut

F. Cek Kemampuan Awal

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini sesuai dengan kemampuan yang dimiliki dengan sejujurnya, dengan cara memberikan tanda pada kolam Ya atau Tidak

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Apakah anda dapat menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut?		
2	Apakah anda dapat menghitung laju pertumbuhan rumput laut?		
3	Apakah anda dapat memelihara rumput laut?		
4	Apakah anda dapat melakukan penggantian dan penyulaman bibit rumput laut?		
5	Apakah anda dapat mengidentifikasi hama dan penyakit pada rumput laut?		
6	Apakah anda dapat mencegah terjadinya serangan hama dan penyakit pada rumput laut?		
7	Apakah anda dapat menanggulangi hama dan penyakit yang menyerang rumput laut?		

II. PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1. TEKNIK PEMELIHARAAN RUMPUT LAUT

A. Deskripsi

Kegiatan pembelajaran teknik pemeliharaan rumput laut merupakan kegiatan pembelajaran lanjutan dari materi sebelumnya yang telah dipelihara pada semester sebelumnya. Jika sebelumnya anda telah mempelajari tentang jenis dan karakteristik rumput laut, desain dan tata letak penanaman rumput laut, serta teknik penanaman rumput laut maka sekarang anda akan mempelajari tentang teknik pemeliharaan rumput laut yang meliputi :

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut
2. Perhitungan laju pertumbuhan rumput laut
3. Pemeliharaan dan pengelolaan konstruksi tanam
4. Pemeliharaan rumput laut

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Siswa yang telah mempelajari topik ini diharapkan mampu :

a. Memahami faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut
b. Menghitung laju pertumbuhan rumput laut
c. Menerapkan pemeliharaan dan pengelolaan konstruksi tanam
d. Menerapkan pemeliharaan rumput laut

2. Uraian Materi

Review Materi

Sebelum anda mulai mempelajari materi teknik pemeliharaan rumput laut dapatkah anda menceritakan kembali kriteria lokasi penanaman rumput laut? Apakah anda paham bahwa masing-masing kriteria rumput laut tersebut sangat penting

a. Pertumbuhan Rumput Laut

Pengamatan

Bila dilokasi anda terdapat petani rumput laut, berkunjunglah ke lokasi penanaman untuk mengetahui keadaan konstruksi penanaman rumput laut. Amati faktor-faktor apa saja yang perlu diperhatikan untuk menunjang pertumbuhan rumput laut. Kumpulkan datanya lalu diskusikan dengan kelompok anda!

Pertumbuhan merupakan pertambahan ukuran sel atau organisme yang berlangsung secara kuantitatif atau terukur. Sementara perkembangan (diferensiasi) adalah proses menuju kedewasaan pada organisme, merupakan perubahan dari keadaan sejumlah sel membentuk organ-organ yang mempunyai struktur dan fungsi yang berbeda. Pertumbuhan juga

dapat diartikan sebagai perubahan ukuran suatu organisme yang dapat berupa berat atau panjang dalam waktu tertentu. Terdapat dua macam pertumbuhan yaitu pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder. Pertumbuhan primer merupakan hasil pembelahan sel-sel jaringan meristem primer. Berlangsung pada embrio, bagian ujung-ujung tumbuhan seperti akar dan batang. Daerah pertumbuhan pada akar dan batang dibedakan menjadi 3 (tiga) yakni daerah pembelahan, daerah pemanjangan dan daerah diferensiasi. Sedangkan Pertumbuhan sekunder merupakan aktivitas sel-sel meristem sekunder yaitu kambium dan kambium gabus. Pertumbuhan ini dijumpai pada tumbuhan dikotil, *gymnospermae* dan menyebabkan membesarnya ukuran (diameter) tumbuhan.

1) Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

Pertumbuhan rumput laut terjadi karena rumput laut melakukan proses respirasi dan fotosintesis. Pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang berpengaruh antara lain jenis, galur/strain, bagian *thallus* dan umur bibit. Sedangkan faktor eksternal yang berpengaruh antara lain keadaan fisik dan kimiawi perairan. Namun demikian selain faktor-faktor tersebut ada faktor lain yang sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan dari rumput laut yaitu pengelolaan yang dilakukan oleh manusia. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut antara lain :

a) Faktor Internal

Faktor internal merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dari dalam tubuh rumput laut itu sendiri. Faktor internal yang memepengaruhi pertumbuhan rumput laut antara lain adalah :

(1) Jenis

Jenis rumput laut yang telah banyak dibudidayakan di perairan payau adalah jenis *Gracilaria sp*. *Gracilaria* juga memiliki beberapa jenis yang bagus untuk dibudidayakan antara lain *Gracilaria verucosa*, *Gracilaria eucheumoides*, dan *Gracilaria folifera*. Namun ketiga jenis *Gracilaria* ini agak sulit dibedakan, sehingga banyak orang mengenalnya dengan *Gracilaria* sp. atau sesuai nama daerah masing-masing seperti agar atau dongi-dongi.

Gambar 1. Rumput laut *Gracilaria* (a) *Gracilaria verucosa*, (b) *Gracilaria eucheumoides*, dan (c) *Gracilaria folifera*

Sedangkan untuk rumput laut yang telah banyak dibudidayakan di laut adalah dari jenis *Kappaphycus* dan *Eucheuma*. Beberapa ahli rumput laut telah membuat kesepakatan untuk mengelompokkan jenis rumput laut tersebut memiliki taxonomi yang sama yaitu *Phylum Rhodophyta*, *Class Rhodophyceae*, *Subclass Florideophycidae*, *Ordo Gigartinales*, *Family Areschougiaceae*, *Tribe Eucheumatoideae*. dari *Tribe Eucheumatoideae* dikelompokkan menjadi 3 jenis rumput laut yaitu *Betaphycus* spp, *Eucheuma* spp dan *Kappaphycus* spp yang ketiganya merupakan sumber karaginan. *Kappaphycus* dan *Eucheuma* sejak 1970 menjadi sumber utama penghasil karaginan untuk industri sehingga lebih banyak dibudidayakan. *Kappaphycus alvarezii* memiliki nama dagang "cottonii", *Kappaphycus striatum* memiliki nama dagang "sacol", *Eucheuma gelatinae* dengan nama dagang "gelatinae" dan *Eucheuma denticulatum* memiliki nama dagang "spinosum", ketiga jenis rumput laut penghasil karaginan inilah yang telah banyak dibudidayakan dan berkembang luas di seluruh dunia. perbedaan yang nyata dari ketiga jenis tersebut disajikan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Perbedaan Jenis Eucheuma dan Kappahycus

Nama umum dan spesies	**Ciri morfologis**		**Karaginan dan kadar sulfat**
	Percabangan	**Aksis**	
spinosum *E. denticulatum*	Melingkar atau pada internal yang dapat diperkirakan	Silindris, tegak dengan inti *rhizoid*	Iota sulfat 30% atau lebih
cottonii *K. alvarezii*	Tidak teratur	Tegak tanpa inti *rizhoid*	Kappa sulfat 28% atau kurang
gelatinae *E. gelatinae*	Bilateral atau dorsi ventral	Pipih tegak dengan inti *rhizoid*	Gamma, beta, kapp sulfat 20%a

Sumber : Doty (1987)

Eucheuma denticulatum memiliki ciri umum *thallus* silindris, permukaan licin, warna coklat tua, hijau-coklat, hijau kuning atau merah ungu. ciri khusus secara morfologis, jenis ini memiliki duri-duri yang tumbuh berderet melingkari *thallus*. *Eucheuma denticulatum* tumbuh dihampir seluruh perairan Indonesia.

Gambar 2. (a) *Kappaphycus alvarezii* (*cottonii*), (b) *Eucheuma denticulatum* (*spinosum*) dan (c) *Kappaphycus striatum* (*striatum/sacol*)

Zucarello *et al*., (2006) menyatakan bahwa *Kappaphycus* dan *Eucheuma* sangat sulit dibedakan karena memiliki karakteristik morfologi yang mirip, didukung dengan semakin berkembangnya budidaya rumput laut dari kedua jenis rumput laut tersebut yang telah mengalami domestikasi. sehingga pembeda dari jenis *Kappaphycus* dapat dilihat dari strainnya yang memiliki karakter yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis rumput laut.

(2) Strain/galur

Strain adalah kelompok organisme yang tergabung dalam suatu spesies yang memiliki karakteristik khusus tetapi tidak dijadikan keturunan atau variasi yang terpisah. Salah satu faktor timbulnya keragaman jenis pada suatu spesies adalah isolasi geografis. Isolasi geografis menyebabkan keturunan memiliki karakteristik yang berbeda dengan induk akibat adanya interaksi antara genotip dan lingkungan.

Rumput laut *Kappahycus alvarezii* memiliki beberapa strain yang banyak dibudidayakan. Budidaya rumput laut yang berkembang pesat di Filipina membuat Filipina sebagai sentra rumput laut budidaya khusunya jenis *Kappaphycus alvarezii*. Strain yang dikenal dimasyarakat pembudidaya rumput laut antara lain :

(a) *Tambalang*, Strain ini memiliki *thalus* yang panjang dan diameter yang besar dengan percabangan yang jarang. Biasanya hidup di perairan dalam di Filipina, namun sekarang juga merupakan strain yang mendominasi di Indonesia, India, Sabah, Malaysia dan Tanzania. Strain Tambalang juga memiliki warna yang bermacam-macam

yang dikenal umum dimasyarakat pembudidaya. Antara lain tabalang hijau, tambalang coklat dan tambalang coklat kekuningan seperti gambar 3 dibawah ini.

Gambar 3. Berbagai strain rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (a) *tambalang* hijau, (b) *tambalang* coklat dan (c) *tambalang* coklat kekuningan

(b) *Flower*, strain ini memiliki percabangan yang pendek, mengumpul seperti bunga. Banyak ditemukan di daerah karang Filipina. Strain ini telah banyak dibudidayakan di Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara timur Indonesia

Gambar 4. Strain *flower* pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

(c) *Vanguard*, strain ini percabangannya lebih pendek dari Tambalang namun memiliki lebih besar dari *Flower*. Telah banyak dibudidayakan di Mindanao

Gambar 5. Strain vanguard pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

(d) *Bisaya*, strain persilangan antara *Tambalang* dan *Sacol*, banyak ditemukan di daerah Bohol Filipina

(e) *Sacol*, *Kappaphycus alvarezii* strain *Sacol* merupakan rumput laut yang berasal dari Pulau *sacol*, Filipina. Rumput laut ini banyak ditemukan di dasar perairan yang berlumpur maupun berpasir, berbentuk rumpun dari banyak cabang yang pendek, dengan diameter *thallus* kecil. *Kappaphycus* strain *sacol* berwarna hijau cerah dan tumbuh membulat seperti bola.

Gambar 6. Strain sacol hijau pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

(f) *Sumba*, strain yang memiliki percabangan panjang dan kecil, seperti rambut kasar, namun kuat seperti *Tambalang*. Strain ini merupakan strain asli Pulau sumba Indonesia, namun sekarang telah banyak dibudidayakan di beberapa daerah di Indonesia terutama di Bali

Strain rumput laut akan terus berkembang sesuai dengan kemampuan perkembangbiakan dan karakteristik daerah pengembangannya. Apalagi jika sudah terjadi domestikasi di daerah tertentu. perbedaan strain rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang paling menonjol dapat dilihat dari perbedaan warnanya.

Saat ini telah berkembang pula strain-strain yang dikembangkan di Indonesia sehingga diberi nama strain *maumere*, strain Bangkok, strain *polewali*, strain kangkung/gadis bali, dsb. Penamaan strain ditentukan sesuai dengan nama derah perkembangan rumput laut tersebut. *Kappaphycus alvarezii* strain *maumere* juga berasal dari Filipina, dengan *thallus* berwarna coklat kemerahan dengan percabangan tidak teratur dan berdiameter besar.

(a) (b)

Gambar 7. Berbagai strain rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (a) *maumere*, dan (b) kangkung/gadis bali

Widyastuti (2007) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* strain *maumere* menghasilkan pertumbuhan dan hasil karaginan yang lebih baik dibandingkan dengan strain *tambalang*. demikian juga dengan Djokosetiyanto *et al*., (2008) yang membandingkan pertumbuhan antara *Kappaphycus alvarezii* strain *maumere*, *sacol* dan *Eucheuma denticulatum* menunujukkan bahwa strain *maumere* menghasilkan pertumbuhan yang paling cepat dan lebih tahan terhadap serangan penyakit.

Eksplorasi Perbedaan Strain

Lakukan penanaman rumput laut dengan menggunakan metode apung atau lepas dasar, tanamlah bibit rumput laut jenis Kappaphycus alvarezii dengan 3 strain yang berbeda (contohnya tambalang, sacol dan maumere). Catat perbedaan dari masing-masing strain dan timbang bobot awalnya, amati pertumbuhan masing-masing strain rumput laut yang anda tanam dan hitunglah laju pertumbuhannya dengan melakukan sampling setiap 10 hari! Lakukan pemanenan setelah anda pelihara rumput laut tersebut hingga 40 hari. Analisislah hasil yang anda peroleh diskusikan dan sampaikan di depan kelas!

Isilah tabel dibawah ini untuk mengumpulkan data yang anda peroleh!

Nama :

Kelas :

Metode penanaman :

No	Parameter Pengamatan	Strain rumput laut		
		tambalang	*sacol*	*maumere*
1	Bobot bibit/ titik			
2	Bobot bibit total			
3	Bobot bibit setelah 10 hari/titik			
4	Bobot bibit setelah 20 hari/titik			
5	Bobot bibit setelah 30 hari/titik			
6	Bobot bibit setelah 40 hari/titik			
7	Pertumbuhan bibit selama 40 hari			

(3) Bagian *thallus*

Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan dalam pembudidayaan rumput laut adalah pengadaan bibit. Fungsi bibit bagi tanaman yaitu untuk memperbanyak atau mengembangbiakan tanaman.umur *thallus*. Bibit sebaiknya digunakan berupa stek, harus sehat, masih muda dan banyak cabang.

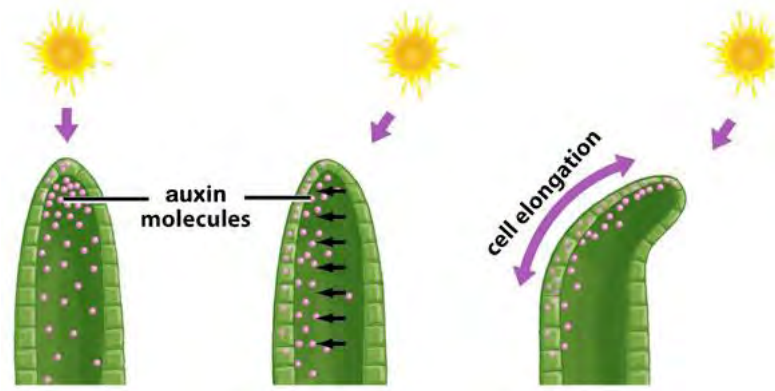
Bibit yang diperoleh adalah bagian ujung tanaman (muda) umumnya memberikan pertumbuhan yang baik dan hasil panen mengandung karaginan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bibit dari sisa hasil panen atau tanaman tua (Indriani dan Sumiarsih, 1999). Ukuran bibit rumput laut yang ditanam sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan dan bibit *thallus* yang berada bagian ujung akan memberikan laju pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan dengan bibit *thallus* dari bagian pangkal.

Bagian paling ujung rumput laut menunjukkan laju fotosintesis yang paling besar dibandingkan bagian lain yang semakin jauh jaraknya dari ujung (Glenn dan Doty 1981). Hasil penelitian Atmadja dan Sulistijo (1977) melaporkan bahwa bibit bagian ujung merupakan bibit yang tumbuh lebih cepat dibandingkan bagian lainnya, bibit yang lebih muda tampak memberikan pertumbuhan yang terbaik untuk dijadikan bibit.

Bagian ujung *thallus* juga memiliki kandungan hormon yang lebih banyak jika dibandingkan dengan pangkal *thallus*. Hormon ini sangat berperan dalam pertumbuhan *thallus* rumput laut. Hormon yaitu senyawa yang dihasilkan dalam tubuh tumbuhan, hormon yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut antara lain :

(a) *Auxin*

Auxin pada rumput laut memiliki peran dalam hal meregulasi banyak proses fisiologi, seperti pertumbuhan, pembelahan dan diferensiasi sel serta sintesa protein. *Auxin* diproduksi dalam jaringan meristimatik yang aktif (yaitu tunas, daun muda dan buah). Aktifitas *auxin* mendorong pembelahan sel dengan cara mempengaruhi dinding

sel. *Auxin* juga bersifat menjauhi cahaya (fototaksis negatif). *Auxin* akan diproduksi lebih banyak pada bagian rumput laut yang lebih sedikit terpapar sinar matahari, seperti gambar 8 dibawah ini. *Auxin* sintetis yang telah banyak digunakan adalah *hydrasil*

Gambar 8. Bagian ujung thallus rumput laut, yang mengandung auxin.

(b) *Giberellin*

Giberalin secara alamiah terdapat pada berbagai jaringan tumbuhan. Selain terlibat dalam pertumbuhan batang, *giberellin* juga merupakan perangsang utama pada pertumbuhan akar, tunas, kecambah dan bunga. Pemberian *giberellin* dalam dosis rendah diketahui juga mampu merangsang pertumbuhan tanaman kerdil, dalam arti menanggulangi sifat penurunan bawaan (Kimball, 1990).

Giberellin sebagai hormon tumbuhan pada tanaman sangat berpengaruh terhadap sifat genetik (*genetic dwarfism*), pembungaan, penyinaran, *pathenocarpy*, mobilisasi karbohidrat dan aspek fisiologi lainnya. *Giberellin* mempunyai peran dalam mendukung perpanjangan sel, pembentukan enzim *protease* sehingga membebaskan

tryptophan sebagai bentuk awal *auxin*, menstimulasi sintesis ribonukleas, meningkatkan aktivitas kambium dan mendukung pembentukan RNA baru serta sintesis protein. Mekanisme lain menjelaskan bahwa *giberellin* mendukung terbentuknya enzim α-*amylase* sehingga meningkatkan kandungan gula melalui hidrolisa pati/amilum dan secara otomatis meningkatkan tekanan osmotik. Akibatnya, sel memiliki kecenderungan untuk berkembang. Selain itu, gula yang dihasilkan dapat ditranslokasikan ke tunas/ embrio sebagai sumber energi pada tahap awal pertumbuhan.

Peran *giberalin* dalam rumput laut antara lain bekerja secara sinergis dengan *auxin*, *sitokinin* dan zat lain (*sinergisme*), semua organ tanaman mengandung GA, terkaya di buah dan biji. *Giberalin* juga berperan dalam pembelahan sel dan mendukung pembentukan RNA sehingga terjadi sintesa protein. Aktivitas *giberalin* terdapat pada kisaran konsentrasi luas, tidak bersifat racun/ merusak. GA sintesis komersil = GA3, GA7 dan GA13

(c) *Sitokinin*

Sitokinin pada rumput laut berperan dalam merangsang pembelahan sel (*sitokinesis*) dan merangsang mitosis dalam jaringan meristematik, serta berperan penting dalam proses translasi sintesis protein. *Sitokinin* sintesis komersial yang telah banyak digunakan antara lain BA, kinetin dan PBA

Gambar 9. Bagian ujung *thallus* yang dijadikan bibit rumput laut

Menurut Widyastuti dan Tjokrokusumo (2004), saat ini telah banyak ditemukan senyawa-senyawa sintetik yang mempunyai pengaruh fisiologis yang serupa dengan hormon tanaman. Semua hormon tanaman sintetik atau senyawa sintetik yang mempunyai sifat fisiologis dan biokimia yang serupa dengan hormon tanaman disebut Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Hormon tanaman dan ZPT pada umumnya mendorong terjadinya suatu pertumbuhan dan perkembangan. Perbedaan diantara senyawa hormon tanaman dan ZPT antara lain sebagai berikut :

(a) Fitohormon atau hormon tanaman adalah senyawa organik bukan nutrisi yang aktif dalam jumlah kecil (< 1mM) yang disintesis pada bagian tertentu, pada umumnya ditranslokasikan ke bagian lain tanaman dimana senyawa tersebut menghasilkan suatu tanggapan secara biokimia, fisiologis dan morfologis.

(b) Zat Pengatur Tumbuh adalah senyawa organik bukan nutrisi yang dalam konsentrasi rendah (< 1 mM)

mendorong, menghambat atau secara kualitatif mengubah pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

(c) *Inhibitor* adalah senyawa organik yang menghambat pertumbuhan secara umum dan tidak ada selang konsentrasi yang dapat mendorong pertumbuhan.

Eksplorasi Bagian Thallus

Lakukan penanaman rumput laut dengan menggunakan metode apung atau lepas dasar, tanamlah bibit rumput laut jenis Kappaphycus alvarezii dengan 3 bagian thallus yang berbeda (ujung, tengah dan pangkal). Catat perbedaan dari masing-masinbagian thallus dan timbang bobot awalnya, amati pertumbuhan masing-masing bagian thallus rumput laut yang anda tanam dan hitunglah laju pertumbuhannya dengan melakukan sampling setiap 10 hari! Lakukan pemanenan setelah anda pelihara rumput laut tersebut hingga 30 hari. Analisislah hasil yang anda peroleh diskusikan dan sampaikan di depan kelas!

Isilah tabel dibawah ini untuk mengumpulkan data yang anda peroleh!

Nama :

Kelas :

Metode :

No	Parameter Pengamatan	Bagian thallus rumput laut		
		ujung	*tengah*	*pangkal*
1	Bobot bibit/ titik			
2	Bobot bibit total			
3	Bobot bibit setelah 10 hari/titik			
4	Bobot bibit setelah 20 hari/titik			
5	Bobot bibit setelah 30 hari/titik			
6	Pertumbuhan bibit selama 30 hari			

(4) Umur bibit

Umur bibit rumput laut mencerminkan tingkat produktifitas rumput laut untuk tumbuh dan berkembang, termasuk dalam kemampuan optimalisasi proses fotosintesis. Bibit rumput laut yang diperoleh dari pusat pembibitan sebaiknya berumur 20 – 25 hari untuk memberikan pertumbuhan yang maksimal. Bibit rumput laut yang terlalu muda memerlukan masa adaptasi terlebih dahulu dan masih relatif rentan terhadap perubahan kualitas air. Sedangkan jika bibit rumput laut yang digunakan berumur lebih dari 25 hari maka kemampuan tumbuh rumput laut tersebut sudah tidak optimal, jaringan muda yang ada pada bibit tidak berkembang dengan baik, sehingga pertumbuhan yang diperoleh juga kurang maksimal.

Pertumbuhan maksimal pada umur tersebut disebabkan karena jaringan meristem primer yang tersedia lebih banyak sehingga mampu mengadakan pembelahan sel secara optimal. Sel-sel jaringan meristem primer banyak ditemui pada embrio, bagian ujung-ujung muda dari tumbuhan seperti batang atau *thallus* pada rumput laut. Berdasarkan aktifitasnya, daerah pertumbuhan pada pertumbuhan primer meliputi:

(a) Daerah pembelahan, merupakan daerah yang sel-selnya aktif membelah secara mitosis (*meristematik*).
(b) Daerah pemanjangan, merupakan daerah yang berada di belakang daerah pembelahan.
(c) Daerah diferensiasi, merupakan bagian paling belakang dari daerah pertumbuhan dan merupakan daerah yang mengalami diferensiasi yaitu daerah yang sel-selnya mengalami perubahan sehingga membentuk jaringan dan organ yang mempunyai struktur dan fungsi berbeda.

Eksplorasi Umur Bibit

Lakukan penanaman rumput laut dengan menggunakan metode apung atau lepas dasar, tanamlah bibit rumput laut jenis Kappaphycus alvarezii dengan 3 bibit rumput laut yang berbeda (contohnya 15 hari, 25 hari dan 35 hari). Catat perbedaan dari masing-masing bibit dan timbang bobot awalnya, amati pertumbuhan masing-masing bibit rumput laut yang anda tanam dan hitunglah laju pertumbuhannya dengan melakukan sampling setiap 10 hari! Lakukan pemanenan setelah anda pelihara rumput laut tersebut hingga 30 hari. Analisislah hasil yang anda peroleh diskusikan dan sampaikan di depan kelas!

Isilah tabel dibawah ini untuk mengumpulkan data yang anda peroleh!

Nama :

Kelas :

Metode penanaman :

No	Parameter Pengamatan	Umur bibit rumput laut		
		15 hari	*25 bibit*	*35 hari*
1	Bobot bibit/ titik			
2	Bobot bibit total			
3	Bobot bibit setelah 10 hari/titik			
4	Bobot bibit setelah 20 hari/titik			
5	Bobot bibit setelah 30 hari/titik			
6	Pertumbuhan bibit selama 30 hari			

b) **Faktor Eksternal**

Faktor eksternal merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dari luar tubuh rumput laut. Pada penanaman rumput laut faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan adalah dari sisi ekologis atau media hidup rumput laut tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain :

(1) **Suhu**

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mempelajari gejala-gejala fisika air laut dan perairan yang dapat mempengaruhi kehidupan hewan dan tumbuhan pada perairan tersebut. Suhu perairan mempengaruhi laju fotosintesis. Nilai suhu perairan yang optimal untuk laju fotosintesis berbeda pada setiap jenis. Secara prinsip suhu yang tinggi dapat menyababkan protein mengalami denaturasi, serta dapat merusak enzim dan membran sel yang bersifat labil terhadap suhu yang tinggi.

Menurut Mubarak dan Wahyuni (1981) temperatur merupakan faktor sekunder bagi kehidupan rumput laut dan fluktuasi yang tinggi akan dapat terhindar dengan adanya *water mixing*. Crebs (1972) *dalam* Apriyana (2006), menyatakan bahwa rumput laut akan dapat tumbuh dengan subur pada daerah yang sesuai dengan temperatur di laut. Tiap-tiap spesies dari rumput laut membutuhkan suhu yang berbeda untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu terdapat sedikit perbedaan jenis rumput laut yang tumbuh di daerah tropis, daerah subtropis maupun di daerah dingin. Perubahan suhu yang nyata bagi rumput laut dapat menghambat pertumbuhan baik berupa perubahan morfologi maupun fisiologinya bahkan dapat mematikannya.

Suhu air dipengaruhi oleh radiasi cahaya matahari, suhu udara, cuaca dan lokasi. Radiasi matahari merupakan faktor utama yang mempengaruhi naik turunnya suhu air. Air mempunyai kapasitas yang besar untuk menyimpan panas sehingga suhunya relatif konstan dibandingkan dengan suhu udara.

Suhu udara mempunyai kisaran yang dapat melebihi batas letal, sehingga rumput laut di pantai berbatu dapat mati, baik karena kedinginan ataupun kepanasan. Suhu mempunyai pengaruh tidak langsung, dimana rumput laut dapat mati karena kehabisan air, kehabisan air dapat dipercepat dengan meningkatnya suhu.
Rumput laut mempunyai kisaran suhu yang spesifik karena adanya kandungan enzim pada rumput laut. Rumput laut akan tumbuh dengan subur pada daerah yang sesuai dengan suhu pertumbuhannya. Dawes *et al*., (1974), menyatakan bahwa *Eucheuma isoforme*, *Eucheuma* sp, *Gelidium* masing-masing mencapai nilai optimum pada suhu 21°C, 24°C dan 21-27 °C yang berada pada kondisi intensitas cahaya yang sama. Selanjutnya dikatakan pada kondisi intensitas cahaya yang berbeda, laju fotosintesis dipengaruhi juga oleh suhu perairan. Menurut Sulistijo dan Atmadja (1996) kisaran suhu perairan yang baik untuk rumput laut *Eucheuma* sp adalah 27-30°C, sedangkan menurut Zatnika (1987) *dalam* Supit (1989) adalah sebesar 24-30°C. Bird and McLanchian (1986) *dalam* Supit (1989), Soegiarto (1984) *dalam* Eidman (1991) mengatakan bahwa kisaran suhu yang baik untuk pertumbuhan *Kappaphycus cattonii* adalah 24-31°C.

Eksplorasi Perbedaan Suhu

Siapkan 3 wadah berupa bak, kolam atau akuarium untuk melakukan uji coba ini. Tanamlah sampel rumput laut pada wadah tersebut, seolah-olah rumput laut tersebut hidup di habitat aslinya pastikan kondisi pada masing-masing wadah sama. Pasanglah pemanas untuk memperoleh suhu yang berbeda, perbedaan suhu dapat dijadikan perlakuan uji coba yaitu 25, 28 dan 31 ºC. Amati perubahan yang terjadi pada masing-masing perlakuan dan hitunglah laju pertumbuhannya setiap minggunya! Analisislah hasil yang anda peroleh diskusikan dan sampaikan didepan kelas!

Isilah tabel dibawah ini untuk mengumpulkan data yang anda peroleh!

Nama :

Kelas :

Perlakuan :

No	**Parameter pengamatan**	**Perbedaan suhu**		
		25 °C	**28 °C**	**31 °C**
1	Bobot awal bibit			
2	Kondisi awal bibit			
3	Perubahan bibit hari 1			
4	Perubahan bibit hari 2			
5	Perubahan bibit hari 3			
6	Perubahan bibit hari 4			
7	Perubahan bibit hari 5			
8	Perubahan bibit hari 6			
9	Perubahan bibit hari 7			
10	Perubahan minggu ke-2			
11	Perubahan minggu ke-3			
12	Bobot akhir bibit			
13	Pertumbuhan bibit rumput laut			

(2) Salinitas

Salinitas adalah jumlah (gram) zat-zat yang larut dalam kilogram air laut dimana dianggap semua karbonat-karbonat telah diubah menjadi oksida, brom, dan ion diganti oleh clor dan semua bahan-bahan organik telah dioksidasi secara sempurna. Salinitas perairan untuk organisme laut merupakan faktor lingkungan yang penting. Setiap organisme laut memiliki toleransi yang berbeda terhadap salinitas untuk kelangsungan hidupnya. Beveridre (1987) *dalam* Iksan (2005) menyatakan salinitas berhubungan erat dengan tekanan osmotik yang mempengaruhi keseimbangan tubuh organisme akuatik. Dinyatakan pula bahwa semakin tinggi kadar garam (salinitas) maka makin besar pula tekanan osmotik pada air.

Salinitas juga berhubungan dengan proses osmoregulasi dalam tubuh organisme. Di dalam rumput laut *Eucheuma* sp tumbuh berkembang dengan baik pada salinitas yang tinggi. Penurunan salinitas akibat masuknya air tawar dari sungai dapat menyebabkan pertumbuhan rumput laut *Eucheuma* sp menurun. Menurut Dawes (1981), kisaran salinitas yang baik bagi pertumbuhan *Eucheuma* sp adalah 30-35 ppt. Menurut Zatnika dan Angkasa (1994) menyatakan bahwa salinitas perairan untuk budidaya rumput laut jenis *Eucheuma sp*., berkisar antar 28-34 ppt. Sedangkan menurut Soegiarto *et al*., (1978) kisaran salinitas yang baik untuk *Eucheuma* sp adalah 32-35 ppt. Apabila salinitas berada dibawah 30 ppt maka akan merusak rumput laut yang ditandai dengan timbulnya warna putih diujung-ujung tanaman (Collina, 1976 *dalam* Iksan, 2005).

Secara umum salinitas air laut mencapai 35‰ pertumbuhan rumput laut maksimum terdapat pada kisaran salinitas 15-38‰ dengan salinitas air laut mencapai 35‰ pertumbuhan rumput laut maksimum terdapat pada kisaran salinitas 15-38‰ dengan salinitas optimum 25‰. Jenis *Gracillaria* hidup baik dalam kisaran salinitas 15-22‰ sedangkan jenis *Fucus vesiculosus* toleran pada salinitas 8-34‰. Penyebaran rumput laut di suatu daerah juga ditentukan oleh pencampuran air tawar dari sungai (Luning, 1990).

Rumput laut dapat melimpah pada perairan dengan salinitas tinggi, tetapi ada pula yang melimpah pada salinitas yang rendah karena pengaruh masukan air tawar. Semakin ke timur perairan Indonesia, keanekaragaman rumput laut semakin tinggi karena struktur dan kondisi karangnya semakin baik, kejernihan air yang tinggi, bebas dari sedimentasi dan salinitas yang tinggi yaitu 30‰ (Mubarak *et al.*, 1990).

Marga *Eucheuma* memerlukan persyaratan lingkungan yang moderat membutuhkan substrat yang tidak lunak tapi tidak terlalu keras, yaitu pasir dan pecahan karang, memerlukan gerakan air yang sedang, gerakan air yang kuat dapat menyebabkan *thallus*nya patah dan air yang *stagnan* dapat menyebabkan kematian, salinitas antara 29-34‰ (Mubarak *et al.*, 1990).

Marga *Gracillaria* hidup pada kisaran kondisi lingkungan yang lebih lebar dari pada *Eucheuma* selain di ekosistem terumbu karang ia dapat pula hidup di ekosistem estuaria, ia dapat menempel pada lumpur, pasir dan karang atau kulit kerang, ia dapat hidup pada air yang *stagnan* gerakan air yang moderat,

salinitas antara 15-34‰, karena itu dapat dibudidayakan di laut ataupun di tambak. Marga *Gelidium* memerlukan kondisi lingkungan yang kisarannya sempit, membutuhkan gerakan air yang sangat kuat dan menempel pada substrat yang sangat keras karena itu banyak ditemukan di pantai Samudra Hindia, jenis ini belum dibudidayakan (Mubarak *et al.*, 1990).

Marga *Sargassum* termasuk tumbuhan kosmopolit yang hidup pada rataan terumbu karang sampai daerah tubir pada rataan terumbu, mampu tumbuh dengan baik melekat pada substrat keras, sebarannya sangat luas di seluruh perairan Indonesia (Mubarak *et al.*, 1990).

Eksplorasi Perbedaan Salinitas

Lakukanlah percobaan salinitas dibawah ini, untuk melakukannya anda harus menyiapkan 6 wadah yang dapat digunakan untuk merendam sampel rumput laut dengan kadar salinitas yang berbeda. Isilah masing-masing 2 wadah dengan salinitas 15, 25 dan 35 ‰, setelah media disiapkan masukkan jenis rumput laut yang berbeda (contoh Eucheuma dan Gracilaria) pada wadah tersebut. Amati perubahan yang terjadi pada rumput laut tersebut setiap harinya. Lakukan pengamatan hingga 7 hari. Catatlah setiap perubahan yang terjadi untuk didiskusikan dalam kelompok!

Jenis Rumput Laut	*Salinitas (‰)*		
	15	*25*	*35*
Eucheuma			
Gracilaria			

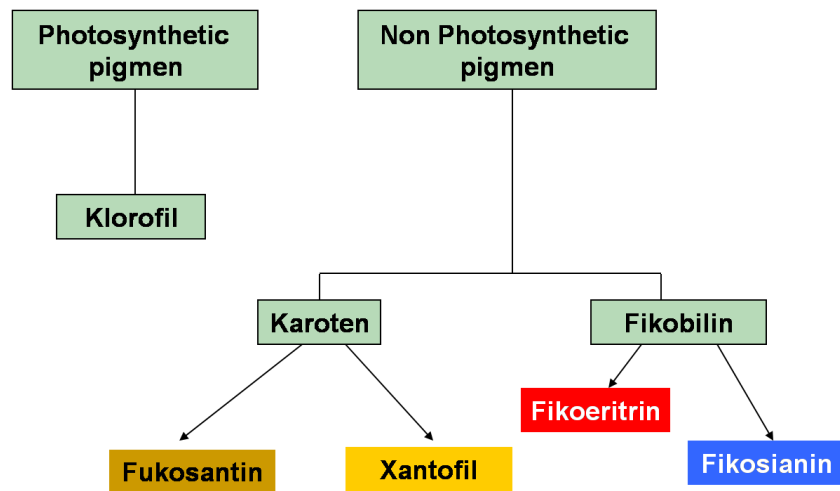
(3) Cahaya matahari

Cahaya matahari dibutuhkan oleh rumput laut untuk proses fotosintesis dimana hasilnya adalah fiksasi CO_2. Selain itu

ultraviolet juga dibutuhkan untuk pertumbuhan dirinya. Kemampuan cahaya menembus perairan akan berkurang dengan bertambahnya dengan kedalaman. Zona ini disebut zona *photic*. Perubahan pada intensitas dan kualitas cahaya yang menembus perairan dengan bertambahnya kedalaman menggambarkan kemampuan rumput laut untuk tumbuh. *Eucheuma* sp. termasuk dalam golongan *Rhodophyceae* yang dapat hidup pada perairan yang lebih dalam dari golongan *Chlorophyceae* maupun *Phaeophyceae* (Dawes, 1981).

Kecerahan perairan menentukan jumlah intensitas sinar matahari atau cahaya yang masuk ke dalam perairan. Kecerahan perairan dapat juga dilihat dari warna perairan tersebut, kandungan bahan-bahan organik maupun anorganik tersuspensi di perairan, kepadatan plankton, jasad renik dan detritus dapat mempengaruhi tingkat kecerahan perairan.

Kekeruhan merupakan faktor pembatas bagi proses fotosintesis dan produksi primer perairan karena mempengaruhi penetrasi cahaya matahari. Disamping itu, kekeruhan merupakan gambaran sifat optik dari suatu air yang ditentukan berdasarkan banyaknya sinar (cahaya) yang dipancarkan dan diserap oleh partikel-partikel yang ada dalam air (Boyd, 1988 *dalam* Apriyana 2006). Menurut Soemarwono (1984) *dalam* Masrawati (1999) menyatakan bahwa salah satu penyebab kekeruhan adalah adanya zat-zat organik yang terurai, jasad-jasad renik, lumpur dan tanah liat atau zat-zat koloid yaitu zat-zat terapung yang mudah mengendap.

Semua jenis rumput laut memiliki kandungan pigmen yang bermacam-macam. Kemampuan pigmen dalam membantu pertumbuhan inilah yang sangat dipengaruhi oleh cahaya matahari. *Kappaphycus* merupakan tumbuhan laut yang mempunyai derivat klorofil sehingga memerlukan sinar matahari untuk kelangsungan hidupnya (Doty, 1987). Sintesis klorofil sangat dipengaruhi oleh cahaya. Apabila tanaman disinari dengan cahaya yang cukup maka pembentukan klorofil akan lebih sempurna (Sallisbury dan Ross, 1969). Menurut Dwijoseputro (1989), pembentukan klorofil dimulai dari protoklorofil yang mengalami reduksi menjadi klorofil-a apabila ada sinar matahari. Sinar matahari diserap oleh protoklorofil dan dirubah menjadi klorofil-a. Peristiwa ini disebut sebagai *autotransformasi*.

Gambar 10. Pigmen yang terdapat pada rumput laut yang membantu proses fotosintesis

Menurut Kimball (1990), *fikoeritrin* merupakan pigmen pelengkap yang berfungsi membantu klorofil-a dalam menyerap

cahaya pada proses fotosintesis. Jumlah klorofil-a yang rendah kurang mencukupi dalam penyerapan cahaya untuk proses fotosintesis, sehingga memacu pembentukan *fikoeritrin* yang lebih banyak. Menurut Saffo (1987) *dalam* Veronika dan Izzati (2009), *fikoeritrin* mampu menyerap cahaya hijau dengan efisien.

Sementara itu, pigmen *fikoeritrin* dan *fikobilin* mampu menyerap cahaya hijau dan biru (Dawes, 1987). Hal ini menjadi penyebab perubahan komposisi pigmen pada *Eucheuma* yang ditanam pada perairan laut yang lebih dalam. Nybakken (1988) menyatakan, setelah gelombang cahaya menembus permukaan laut, komponen komponen ungu dan merah cepat diserap oleh air. Komponen hijau dan biru diserap lebih lambat dan dapat menembus air lebih dalam. Saffo (1987) *dalam* Veronika dan Izzati (2009) dan Dawes (1981) juga menjelaskan bahwa cahaya yang dapat menembus perairan yang dalam adalah cahaya dengan panjang gelombang sedang. Cahaya hijau merupakan cahaya yang bergelombang sedang karena mempunyai panjang gelombang 525 nm.

Mutu dan kualitas cahaya berpengaruh terhadap produksi spora dan pertumbuhan rumput laut. Intensitas cahaya yang tinggi merangsang persporaan *Porphyra* tetapi menghambat persporaan *Eucheuma sp*. Kebutuhan cahaya pada rumput laut merah lebih rendah dibandingkan dengan alga cokelat. Misalnya persporaan *Gracillaria verrucosa* berkembang baik pada intensitas cahaya 400 lux, sedangkan *Ectocarpus* pada intensitas cahaya antara 6.500-7.500 lux (Aslan, 1998).

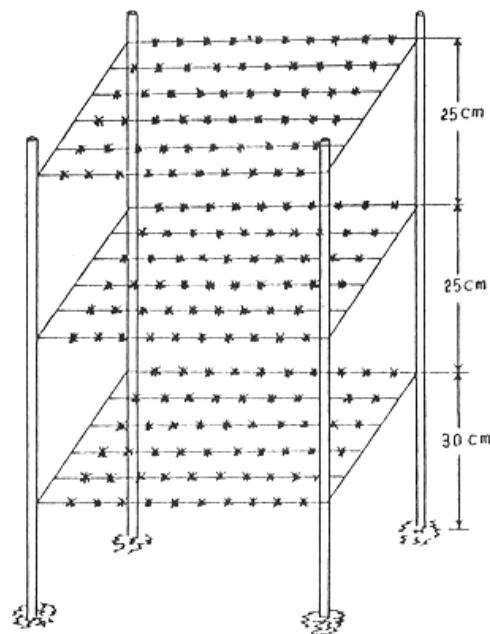
(4) Kedalaman

Kedalaman perairan rata-rata yang diperlukan untuk pertumbuhan rumput laut tergantung pada jumlah intensitas cahaya matahari. Menurut Soegianto dan Sulistijo (1985) *dalam* Syahputra (2005), kedalaman yang ideal bagi pertumbuhan rumput laut di Kepulauan Seribu dengan metode dasar dalam 0,3-0,6 m pada surut terendah. Keadaan yang demikian dapat mencegah kekeringan bagi tanaman.

Kedalaman perairan juga berpengaruh terhadap metode budidaya rumput laut yang akan digunakan untuk penanaman rumput laut. Perairan dengan kedalaman < 3 m dapat menggunakan metode dasar atau lepas dasar, namun perairan yang memiliki kedalaman > 3 meter sebaiknya menggunakan metode apung. Hal ini juga berpengaruh terhadap konstruksi dan biaya yang akan dikeluarkan oleh petani rumput laut.

Gambar 11. Penggunaan metode lepas dasar untuk budidaya rumput laut pada kedalaman perairan yang masih memperoleh cukup sinar matahari

Eksplorasi Perbedaan Kedalaman

Siapkan 3 unit penanaman rumput laut dengan model lepas dasar. Tanamlah masing-masing bibit rumput laut dengan berat bibit dan jarak tanam yang sama. Bedakan kedalaman masing-masing unit, perlakuan yang digunakan adalah kedalaman 30 cm, 60c m dan 90 cm. Pastikan semua rumput laut terendam pada saat surut terendah. Konstruksi penanaman dapat menggunakan model seperti dibawah ini! Atau model lain yang menurut anda lebih mudah tanpa mengurangi tujuan uji coba!

Tiga susun

Amati perubahan yang terjadi pada masing-masing perlakuan dan hitunglah laju pertumbuhannya setiap minggunya! Analisislah hasil yang anda peroleh diskusikan dan sampaikan didepan kelas!

(5) Pergerakan air

Pergerakan air adalah faktor ekologi utama yang mengontrol kondisi komunitas rumput laut. Arus dan gelombang memiliki pengaruh yang besar terhadap aerasi, transportasi nutrien dan pengadukan air. Pengadukan air berperan untuk menghindari fluktuasi suhu yang besar (Trono *and* Fortes, 1988). Peranan lain dari arus adalah menghindarkan akumulasi *silt* dan epifit yang melekat pada *thallus* yang dapat menghalangi pertumbuhan rumput laut. Soegiarto *dalam* Sinaga (1999) mengemukakan bahwa semakin kuat arus suatu perairan maka pertumbuhan rumput laut akan semakin cepat karena difusi nutrien ke dalam sel *thallus* semakin banyak, sehingga metabolisme dipercepat. Arus merupakan faktor yang harus diutamakan dalam pemilihan lokasi, karena biasanya arus akan mempengaruhi sedimentasi dalam perairan yang pada akhirnya akan mempengaruhi cahaya (Doty, 1973).

Beberapa gerakan air yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut yaitu, arus yang mengalir dari laut maupun dari daratan, gelombang laut, pasang surut air laut. Gerakan air, selain berfungsi untuk mensuplai zat hara juga membantu memudahkan rumput laut menyerap zat hara, membersihkan kotoran yang ada, dan melangsungkan pertukaran CO_2 dengan O_2 sehingga kebutuhan oksigen tidak menjadi masalah (Indriani dan Sumiarsih, 1999). Arus di daerah pantai sangat dipengaruhi oleh pergerakan pasang surut, kecepatan angin, kecepatan pergerakan air tawar dan transportasi gelombang (Hutabarat, 1988).

Arus dapat menimbulkan gerakan air yang dapat berfungsi sebagai pensuplai zat hara, juga membantu memudahkan rumput laut menyerap zat hara, membersihkan kotoran, serta melangsungkan pertukaran CO_2 dan O_2, sehingga kebutuhan oksigen tidak menjadi masalah (Rosdiana, 2003).

Gambar 12. Pergerakan air yang berperan dalam suplai nutrisi dan oksigen terlarut

Menurut Sidjabat (1973) proses pertukaran oksigen antara udara yang terjadi pada saat turbelensi karena adanya arus. Adanya ketersediaan oksigen yang cukup dalam perairan, maka respirasi rumput laut dapat berlangsung pada malam hari, sehingga pertumbuhan akan berlangsung secara optimal. Pergerakan massa air yang cukup kuat mampu menjaga rumput laut bersih dari sedimen sehingga semua bagian *thallus* dapat berfungsi untuk melakukan fotosintesis. Semakin cepat arus, maka semakin banyak nutrien inorganik yang terbawa air dan dapat diserap oleh tumbuhan melalui proses difusi. Pada air yang diam tumbuhan kurang mendapatkan nutrien, sehingga mengganggu proses fotosintesis. Maka dari itu benih rumput laut harus ditanam pada daerah dimana terdapat arus yang kuat yaitu pada kisaran 20-40 cm/detik (Sulistijo dan Atmadja, 1996).

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, perbedaan densitas air laut dan rambatan pasang surut yang bergelombang panjang dari laut terbuka (Nontji, 1993). Dawes (1981) mengatakan bahwa arus lautan disebabkan oleh kombinasi gerakan dari angin pada permukaan laut dan perbedaan densitas antara bagian-bagian yang berbeda dari laut tersebut. Pergerakan gelombang dan arus kadang cukup kuat untuk melepaskan rumput laut dari dasar perairan. Arus juga merupakan salah satu penyebab stadia reproduksi dan persporaan rumput laut. Hal ini penting terutama dalam penyebaran spora, peletakan dan pertumbuhannya.

Winarno (1996) mengatakan bahwa pergerakan air atau arus dapat memindahkan atau menyuplai hara dari bagian perairan sekitarnya. Alasan rumput laut biasanya tumbuh dengan baik di daerah dengan pergerakan arus yang baik adalah jika air tidak bergerak, maka rumput laut akan mengambil nutrien yang tersedia dalam jumlah terbatas, jika tersedia pergerakan air yang lebih aktif, maka nutrien yang tersedia akan lebih banyak. Arus yang lebih cepat dan ombak yang terlalu tinggi dapat menimbulkan kerusakan tanaman, seperti dapat patah, robek ataupun terlepas dari substratnya. Selain itu penyebaran unsur hara akan terhambat dan air laut menjadi keruh (Indriani dan Sumiarsih, 1999).

Eksplorasi Pergerakan Air

Alternatif 1.

Lakukan uji coba ini dengan kelompok anda, lakukanlah penanaman rumput laut dengan menggunakan metode yang berbeda yaitu metode dasar, lepas dasar dan apung pada lokasi yang berdekatan dan substrat dasar yang relatif sama antar ke-3 metode penanaman. tersebut.

Alternatif 2

Lakukan uji coba ini dengan kelompok anda, lakukanlah penanaman rumput laut pada perairan yang memiliki karakter berbeda, misalnya daerah terumbu karang, pantai yang landai atau daerah yang memiliki ombak besar .

Amati perubahan yang terjadi pada masing-masing perlakuan dan hitunglah laju pertumbuhannya setiap minggunya! Analisislah hasil yang anda peroleh diskusikan dan sampaikan didepan kelas!

Menurut Sulistijo dan Atmadja (1996) salah satu syarat untuk menentukan lokasi *Eucheuma* sp adalah adanya arus dengan kecepatan 0,33-0,66 m/detik. Sedangkan menurut Ryder (2003) *dalam* Iksan (2005) pada percobaan di *lagoon,* dimana kecepatan arus berkisar antara 3,6-11,6 cm/detik, laju pertumbuhan *G. parvispora* mencapai kisaran 0,02-10,03% perhari. Adapun tinggi gelombang yang baik untuk pertumbuhan rumput laut yaitu tidak lebih dari 30 cm (Apriyana, 2006).

(6) Pasang Surut

Naik turunnya permukaan laut secara periodik selama interval waktu tertentu disebut pasang surut. Hal serupa juga dikatakan oleh Bhatt (1978) bahwa pasut adalah periode naik turunnya permukaan air laut yang merupakan hasil gaya tarik-menarik bumi dan bulan, dan sebagian kecil disebabkan gaya tarik menarik bumi dan matahari. Friedrich (1973) menyatakan bahwa pasang surut dapat memperbesar atau memperkecil pergerakan arus-arus lain, fenomena seperti ini terutama sekali muncul di perairan pantai. Secara umum dapat dikatakan bahwa kekuatan arus pasut dipengaruhi oleh kondisi pasang dan surut. Menurut Nontji (1993) ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat pasut diantaranya kedalaman laut, posisi kedudukan bulan dan matahari relatif terhadap bumi serta pantai. Semua ini menimbulkan penyimpangan dari kondisi yang ideal dan dapat menimbulkan ciri-ciri pasut yang berbeda-beda dari suatu lokasi ke lokasi yang lainnya.

Dalam kaitannya dengan fenomena biologi dikatakan oleh Friedrich (1973) bahwa pengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap fenomena biologi laut, seperti distribusi dan suksesi organisme. Frekuensi pasang surut juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan rumput laut di wilayah *intertidal*. Pada pasang *semidiurnal* yang memliki frekuensi yang lebih besar daripada pasang *diurnal* lebih menyokong bermacam-macam populasi rumput laut.

(7) Curah hujan

Handoko (1995) menyatakan bahwa pola umum curah hujan di Indonesia antara lain dipengaruhi oleh letak geografis, secara

rinci pola umum hujan di Indonesia yaitu pantai sebelah barat setiap pulau memperoleh jumlah hujan selalu lebih banyak daripada pantai sebelah timur, curah hujan di Indonesia bagian barat lebih besar daripada Indonesia bagian timur. Curah hujan juga bertambah sesuai dengan ketinggian tempat. Curah hujan terbanyak umumnya berada pada ketinggian antara 600 - 900 m di atas permukaan laut, di Sulawesi Selatan bagian timur, Sulawesi Tenggara, Maluku Tengah, musim hujannya berbeda, yaitu bulan Mei-Juni. Pada saat itu, daerah lain sedang mengalami musim kering. Adapun untuk intensitas hujan dikategorikan menjadi 5 kategori yaitu pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kategori intensitas curah hujan di Indonesia

Kategori Hujan	Intensitas (mm/jam)
Hujan sangat ringan	<1
Hujan ringan	1 – 5
Hujan normal	5 – 10
Hujan lebat	10 – 20
Hujan sangat lebat	>20

Intensitas curah hujan yang baik untuk pertumbuhan rumput laut yaitu pada intensitas sangat ringan sampai ringan pada musim peralihan antara musim kemarau-hujan (Sulistijo dan Atmadja, 1996).

Pengamatan

Amati dan lakukan wawancara dengan pembudidaya rumput laut, kumpulkan informasi sebanyak-banyaknya tentang pertumbuhan rumput laut yang dilakukan pada saat musim kemarau, musim pancaroba dan musim penghujan. Informasi apa yang anda peroleh dari dari hasil wawancara tersebut? Lakukan analisa bersama kelompok anda lalu diskusikan dan sampaikan di depan kelas!

(8) Substrat

Substrat perairan merupakan dasar perairan dimana alga laut dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Penyebaran alga laut dan kepadatannya di suatu perairan tergantung pada tipe substrat, musim dan komposisi jenis. Menurut Mubarak dan Wahyuni (1981) jenis-jenis substrat yang dapat ditumbuhi oleh alga laut adalah pasir, lumpur dan pecahan karang.

Tipe substrat yang paling baik bagi pertumbuhan alga laut adalah campuran pasir, karang dan pecahan karang. Pada substrat perairan yang lunak seperti pasir dan lumpur, akan banyak dijumpai jenis-jenis alga laut *Halimeda* sp, *Caulerpa* sp, *Gracillaria* sp. Sedangkan dasar perairan yang bersubstrat keras seperti karang hidup, batu karang dan pecahan karang akan banyak di jumpai jenis-jenis alga laut *Sargassum* sp, *Turbinaria* sp, *Ulva* sp, dan *Entermorpha* sp. Nontji (1993) menyatakan bahwa sedikitnya alga laut yang terdapat pada perairan dengan dasar pasir atau berlumpur, disebabkan karena terbatasnya benda keras yang cukup kokoh untuk tempat melekatnya. Susunan kimia dari substrat tidak mempengaruhi kehidupan

alga laut, hanya sebagai tempat melekatnya alga laut pada dasar perairan. Alga laut *Eucheuma* sp paling baik pertumbuhannya adalah pada dasar perairan berkarang.

(9) Oksigen terlarut

Oksigen terlarut sangat penting karena sangat dibutuhkan oleh organisme air. Oksigen terlarut umumnya banyak dijumpai pada lapisan permukaan, oleh karena gas oksigen berasal dari udara di dekatnya melakukan pelarutan (difusi) ke dalam air. Fitoplankton juga membantu menambah jumlah kadar oksigan terlarut pada lapisan permukaan diwaktu siang hari. Penambahan ini disebabkan oleh terlepasnya gas oksigen sebagai hasil dari fotosintesis.

Kelarutan oksigen dilaut sangat penting artinya dalam mempengaruhi kesetimbangan kimia air laut dan juga dalam kehidupan organisme. Oksigen dibutuhkan oleh hewan dan tanaman air, termasuk bakteri untuk respirasi. Baku mutu DO untuk rumput laut adalah lebih dari 5 mg/l (Sulistijo dan Atmadja, 1996), hal ini berarti jika oksigen terlarut dalam perairan mencapai 5 mg/l maka metabolisme rumput laut dapat berjalan dengan optimal. Buesa (1977) *dalam* Iksan (2005) menyatakan bahwa perubahan oksigen harian dapat terjadi di laut dan bisa berakibat nyata terhadap produksi alga bentik. Untungnya oksigen biasanya selalu cukup untuk metabolisme alga (Chapman, 1962 *dalam* Iksan, 2005).

Eksplorasi Oksigen Terlarut

Pada kegiatan-kegiatan uji coba yang lain seperti ujicoba beda kedalaman, uji coba beda suhu dan uji coba pergerakan air, ukurlah kadar oksigen terlarut perairan pada saat anda melakukan pengumpulan data! Data kandungan oksigen terlarut dalam air dapat anda buat grafik untuk mengetahui pengaruh oksigen terlarut terhadap pertumbuhan rumput laut! Analisis data yang anda peroleh bersama kelompok anda lalu diskusikan dan sampaikan di depan kelas

(10) Derajat keasaman

pH merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan alga laut, sama halnya dengan faktor-faktor lainnya. Menurut US-EPA (1973) *dalam* Iksan (2005) kisaran pH maksimum untuk kehidupan organisme laut adalah 6,5-8,5.

Chapman (1962) *dalam* Supit (1989) menyatakan bahwa hampir seluruh alga menyukai kisaran pH 6,8-9,6 sehingga pH bukanlah masalah bagi pertumbuhannya. Selanjutnya Kylin (1927) *dalam* Supit (1989) menemukan daya tahan alga laut yang tersebar yaitu pada pH 3,6-10. Namun menurut Rao dan Mehta (1973) *dalam* Supit (1989), ada alga laut yang memerlukan kondisi pH perairan yang khas baginya.

(11) Unsur hara

Rumput laut atau alga sebagaimana tanaman berklorofil lainnya memerlukan unsur hara sebagai bahan baku untuk proses fotosintesis. Untuk menunjang pertumbuhan diperlukan ketersediaan unsur hara dalam perairan. Masuknya material

atau unsur hara ke dalam jaringan tubuh rumput laut adalah dengan jalan proses difusi yang terjadi pada seluruh bagian permukaan tubuh rumput laut. Bila difusi makin banyak akan mempercepat proses metabolisme sehingga akan meningkatkan laju pertumbuhan. Proses difusi dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama oleh adanya gerakan air (Doty dan Glenn 1981).

Unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan termasuk fitoplankton dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu *makro nutrien*, dibutuhkan dalam jumlah banyak dan mikro nutrien, dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Yang termasuk *makro nutrien* yang dibutuhkan oleh alga adalah sulfat, potasium, kalsium, magnesium, karbon, nitrogen, dan fosfor. Sulfat dibutuhkan untuk sintesis protein berupa ikatan sulfat dan produksi polisakarida sulfat (karaginan). Potasium sebagai aktifator enzim, magnesium untuk sintesis klorofil, kalsium untuk pembentukan membran sel dan dinding sel, karbon untuk pembentukan karbohidrat (karaginan), nitrogen untuk pertumbuhan tanaman dan fosfor untuk pembangkitan energi dan proses transfer, sedangkan yang termasuk mikro nutrien meliputi Fe, Mn, Cu, Si, Zn, Na, Mo, Cl dan V (Baracca, 1999 *dalam* Iksan, 2005). Unsur N dan P diperlukan untuk pertumbuhan, reproduksi dan untuk pembentukan cadangan makanan berupa kandungan zat-zat organik seperti karbohidrat protein dan lemak.

Kebutuhan rumput laut akan unsur hara inilah yang kemudian meningkatkan memanfaatkan rumput laut sebagai biofilter, sehingga rumput laut juga dapat dibudidayakan secara

polikultur dengan organisme budidaya lain seperti udang dan ikan. Sisa pakan dan feses yang banyak mengandung unsur N dan P yang tidak bisa dimanfaatkan oleh ikan dan udang akan dimanfaatkan oleh rumput laut sebagai sumber nutrien, sehingga tidak terjadi eutrofikasi di perairan budidaya selain mendapat keuntungan lebih dari hasil budidaya rumput laut yang dapat dimanfaatkan langsung.

(a) Nitrat dan Nitrit

Nitrogen adalah salah satu unsur utama penyusun sel organisme yaitu dalam proses pembentukan protoplasma. Nitrogen sering kali berada dalam jumlah yang terbatas di perairan, terutama didaerah beriklim tropis. Kekurangan nitrat dalam perairan dapat menghambat pertumbuhan tanaman akuatik, walaupun unsur hara lain berada dalam jumlah yang melimpah (Hunter, 1970 *dalam* Patadjal, 1993). Nitrogen di perairan sebagian besar dalam bentuk ion nitrit dan ion nitrat, maka dengan bantuan bakteri yang mempunyai kemampuan mengubah nitrit manjadi nitrat kemudian menjadi amonia melalui proses reduksi, sehingga proses asimilasi amonia oleh tanaman akuatik dapat berlangsung.

Nitrat dan nitrit terlebih dahulu direduksi sebelum digunakan oleh sel-sel alga. Sedangkan amonia biasanya digunakan langsung untuk sintesis asam-asam amino melalui proses transamilasi (Coolos dan Slawyk, 1980 *dalam* Patadjal, 1993). Nitrat juga merupakan jenis nitrogen yang sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil yang dihasilkan dari oksidasi sempurna senyawa nitrogen dalam

perairan. Peningkatan kadar nitrat dilaut disebabkan oleh masuknya limbah domestik atau pertanian yang umumnya banyak mengandung nitrat.

Menurut Morris (1974) *dalam* Patadjal (1993) alga mempunyai kecenderungan untuk lebih dahulu menggunakan N-anorganik dan urea, dan N-organik terlarut hanya akan digunakan jika sumber atau bentuk nitrogen lain konsentasinya sudah sangat rendah. Nitrat dimanfaatkan untuk metabolisme dengan bantuan enzim nitrat reduktase yang dihasilkannya. Masa pembentukan enzim nitrat ini memerlukan waktu yang lama, sehingga laju pengambilan nitrat sangat lambat dibandingkan dengan laju pengambilan amonia yang tidak memerlukan enzim dalam pemanfaatannya. Kadar enzim nitrat reduktase sangat rendah pada alga yang hidup pada perairan dengan konsentrasi nitrat yang rendah. Konsentrasi amonia yang tinggi dalam perairan akan menyebabkan terhambatnya pembentukan enzim nitrat reduktase pada alga. Selain nitrat dan amonia, alga dapat pula menggunakan nitrit dan hidroksil amin untuk proses metabolismenya.

Senyawa nitrit yang terdapat dalam air laut merupakan hasil reduksi senyawa nitrat atau oksidasi amoniak oleh mikroorganisme. Nitrit biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit diperairan alami, kadarnya lebih kecil dari pada nitrat karena bersifat tidak stabil. Konsentrasi ini dapat meningkat menuju ke arah perairan pantai dan muara sungai. Meningkatnya kadar nitrit dilaut berkaitan erat dengan masuknya bahan organik yang mudah urai (baik

yang mengandung unsur nitrogen maupun nitrat). Dengan demikian senyawa nitrit merupakan salah satu indikator pencemaran (Hutagalung *et al*., 1997). Penelitian Dawes *et al*., (1974) menunjukan nilai kadar karaginan yang tinggi pada musim panas, yaitu saat laju fotosintesis tinggi dan kadar nitrogen rendah. Sebaliknya, pada musim semi kadar karaginan rendah, sementara kondisi lingkungannya optimal bagi pertumbuhan dan pasokan nutrien lebih tinggi.

(b) Fosfat

Fosfor merupakan unsur penting bagi semua aspek kehidupan terutama berfungsi untuk transformasi energi metabolik yang perannya tak dapat digantikan oleh unsur lain (Kuhl, 1974). Unsur fosfor merupakan penyusun ikatan pirofosfat dari *adenosin trifosfat* (ATP) yang kaya energi dan merupakan bahan bakar bagi semua kegiatan dalam semua sel hidup serta merupakan penyusun sel yang penting. Senyawa fosfat merupakan penyusun fosfolipida yang penting sebagai penyusun membran dan terdapat dalam jumlah besar. Energi yang dibebaskan dari hidrosis pirofosfat dan berbagai ikatan fosfat organik digunakan untuk mengendalikan berbagai reaksi kimia (Noggle dan Fritz, 1986 *dalam* Patadjal, 1993).

Kandungan fosfor dalam sel alga mempengaruhi laju serapan fosfat, yaitu berkurang sejalan dengan meningkatnya kandungan fosfat dalam sel. Beberapa jenis alga mampu menyerap fosfat pada konsentrasi yang sangat rendah serta mempunyai enzim alkalin. Dapat dikatakan bahwa kekurangan fosfat akan lebih kritis bagi tanaman

akuatik termasuk tanaman alga, dibandingkan dengan bila kekurangan nitrat di perairan. Dilain pihak fosfor walaupun ketersediannya dalam perairan sering melimpah dalam bentuk berbagai senyawa fosfat namun hanya dalam bentuk ortofosfat (PO_4^{2-}) yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman akuatik (Fritz, 1986).

Kebutuhan fosfat untuk pertumbuhan optimum bagi alga dipengaruhi oleh senyawa nitrogen. Batas tertinggi konsentrasi fosfat akan lebih rendah jika nitrogen berada dalam bentuk garam amonium. Sebaliknya jika nitrogen dalam bentuk nitrat, konsentrasi tertinggi fosfat yang diperlukan akan lebih tinggi. Batas terendah konsentrasi untuk pertumbuhan optimum alga laut berkisar antara 0,018-0,090 ppm $P\text{-}PO_4$ apabila nitrogen dalam bentuk nitrat, sedangkan bila nitrogen dalam bentuk amonium batas tertinggi berkisar pada 1,78 ppm $P\text{-}PO_4$ (Fritz, 1986).

Fosfat dalam air baik terlarut maupun tersuspensi, keduanya berbentuk anorganik dan organik. Fosfat organik dalam laut umumnya berupa ion (*ortho*) asam fosfat H_3PO_4 yang berkisar 10% fosfat anorganik berada dalam bentuk PO_4^{3-} dan 90% dalam bentuk HPO_4^{2-}. Sumber alami fosfat dalam perairan berasal dari erosi tanah, kotoran buangan hewan, lapukan tumbuhan, buangan industri, hanyutan pupuk, limbah domestik, hancuran bahan organik dan mineral-mineral fosfat (Susana, 1989).

Berdasarkan kadar ortofosfat, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu perairan oligotrofik yang memliki kadar

ortofosfat 0,003-0,01 mg/l, perairan mesotrofik memiliki kadar ortofosfat 0,011-0,03 mg/l dan perairan eutrofik memiliki kadar ortofosfat 0,031-0,1 mg/l (Iksan 2005). Senyawa fosfat dalam perairan berasal dari sumber alami seperti erosi tanah, buangan hewan dan lapukan tumbuhan serta dari laut itu sendiri. Fosfat diabsorbsi oleh fitoplankton dan seterusnya masuk ke dalam rantai makanan. Dalam air laut, kadar rata-rata fosfat adalah sekitar 2ug at PO_4-p/l.

(c) Zat besi

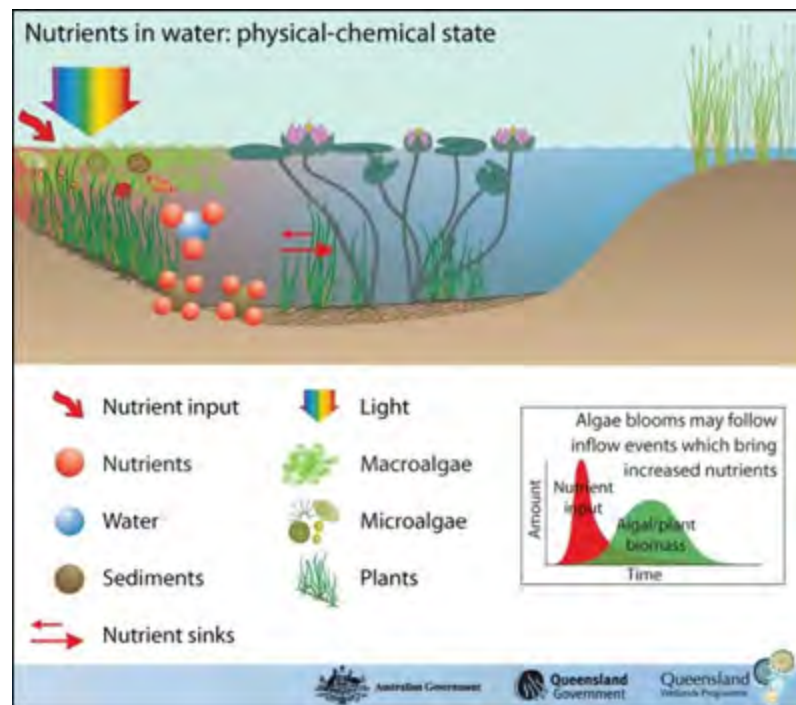
Pada tumbuhan alga zat besi berperan sebagai penyusun *sitokrom* dan klorofil, serta berperan sebagai sistem enzim, dan transfer elektron pada proses fotosintesis, kadar zat besi yang berlebihan sangat menghambat fiksasi unsur lainnya (Effendi, 2000). Zat besi juga berperan dalam oksidasi reduksi pada proses fotosintesis dan respirasi selain sebagai beberapa kofaktor enzim pada tumbuhan (Agustina, 2004). Kekurangan zat besi dapat menyebabkan warna tanaman menjadi kekuningan atau pucat (Dwidjosaputro, 1992). Kadar Fe yang menunjang kehidupan rumput laut adalah > 0,018 mg/L (Pratomo dan Sulistyowati, 2002). Sedangkan Moore (1991) *dalam* Effendi (2000) menambahkan bahwa kadar besi bila melebihi 1,0 mg/L dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik. Sehingga kadar besi yang dinilai masih dalam kisaran aman untuk budidaya rumput laut berkisar antara 0,018 – 1,0 mg/L.

(d) Natrium

Natrium merupakan *mikro nutrien* yang diperlukan tumbuhan untuk mengaktifkan enzim nitrat *reduktase* dalam pemanfaatan nitrat oleh tumbuhan (Graham dan Wilcox, 2000), sedangkan Agustina (2004) menyebutkan bahwa natrium juga berfungsi sebagai pengatur keseimbangan air dalam tumbuhan dan mampu mengakumulasi asam oksalat. Natrium sangat diperlukan dalam pembangunan struktur sel-sel rumput laut, juga berperan dalam mekanisme transport elektron dalam proses metabolisme yang terjadi antara sel tumbuhan. Kandungan natrium yang diperlukan rumput laut hanya dalam jumlah yang kecil namun memiliki peranan yang penting pada pertumbuhannya yaitu sebesar > 0,005 mg/L (Pratomo dan Sulistyowati, 2002). Ion natrium pada perairan laut bebas memiliki konsentrasi paling tinggi yaitu mencapai 10.500 mg/L (Subandriyo, 1986).

(e) Kalium

Kalium diperlukan tanaman dalam jumlah yang kecil digunakan sebagai katalisator terutama dalam pengubahan protein dan asam amino, namun kalium merupakan kadar terbesar yang terkandung dalam rumput laut. Kekurangan kalium dapat menyebabkan terhambatnya fotosintesis dan bertambahnya respirasi sehingga mengakibatkan pertumbuhan terhambat dan kerapuhan pada tumbuhan sehingga mudah patah dan rusak (Dwidjosaputro, 1992). Kalium juga dapat mengaktifkan kerja beberapa enzim, dan merupakan komponen paling penting dalam mekanisme pengaturan cairan osmotik dalam sel, dan berpengaruh

langsung terhadap tingkat semi permiabilitas membran dan fosforilase dalam kloroplas (Agustina, 2004). Kandungan kalium di perairan laut sekitar 380 mg/L (Subandriyo, 1996).

Gambar 13. Pemanfaatan nutrien dalam perairan

Keberadaan diatom disekitar ekosistem rumput laut dapat mengganggu kehidupan organisme hayati ini, terutama saat rumput laut pada stadia mikroalga. Pada stadia ini diatom dapat memakan bahkan masuk dalam sel rumput laut, sedangkan saat rumput laut pada stadia dewasa (*mikroalga*), diatome menempel dan hidup sebagai parasit pada *thallus* rumput laut bersama tumbuhan epifit lain. Kebutuhan minimal diatome akan silikat untuk pertumbuhan adalah 0,5 mg/l.

Eksplorasi

Lakukan kegiatan uji coba bersama dengan kelompok anda, siapkan 2 petak tambak untuk ditanamai rumput laut jenis Gracilaria sp. Lakukan persiapan lahan sesuai prosedur pada ke-2 petak lahan tersebut, namun proses pemupukan hanya dilakukan hanya pada salah satu petak saja! Cari informasi kandungan pupuk yang anda gunakan!. Kemudian tanami lahan tambak yang sudah disiapkan dengan menggunakan metode lepas dasar! Peliharalah rumput laut tersebut hingga 4 minggu Selama pemeliharaan lakukan pengamatan setiap minggunya, adakah perubahan yang terjadi pada 2 perlakuan yang berbeda tersebut? Catat setiap perubahan dan hitung laju pertumbuhan rumput laut setiap minggunya! Lakukan analisa bersama kelompok anda lalu diskusikan dan sampaikan di depan kelas!

Isilah tabel dibawah ini untuk mengumpulkan data yang anda peroleh!

Nama :

Kelas :

Luasan petak :

No	Pengamatan	Petak tambak	
		Pupuk	Tanpa pupuk
1	Luasan petak lahan		
2	Kandungan pupuk		
3	Metode penanaman		
4	Bobot awal bibit/titik		
5	Bobot awal total/petak		
6	Perubahan hari ke-1		
7	Perubahan hari ke-2		
8	Perubahan hari ke-3		
9	Perubahan hari ke-4		
10	Perubahan hari ke-5		
11	Perubahan hari ke-6		
12	Perubahan hari ke-7		
13	Perubahan minggu ke-2		
14	Perubahan minggu ke-3		
15	Perubahan minggu ke-4		
16	Bobot akhir total		
17	Pertumbuhan rumput laut		

2) Perhitungan laju pertumbuhan rumput laut

Pertumbuhan rumput laut dikategorikan dalam pertumbuhan somatik dan pertumbuhan fisiologis. Pertumbuhan somatik merupakan pertumbuhan yang diukur berdasarkan pertambahan berat, panjang *thallus* sedangkan pertumbuhan fisiologis dilihat berdasarkan reproduksi dan kandungan koloidnya. Laju pertumbuhan dihitung

menurut pertambahan berat terhadap bibit yang ditanam dan dinyatakan dalam persen per hari.

Angka pertumbuhan diperlukan untuk meramalkan produksi pada waktu panen. Dengan melihat angka pertumbuhan dapat diketahui perbedaan hasil yang akan diperoleh dengan cara penanaman, perlakuan tempat atau musim tanam yang berbeda (Soegiarto *et al.,* 1978). Kecepatan pertumbuhan dapat diukur dalam jangka waktu tertentu. Cepat atau lambat pertumbuhan rumput laut tergantung dari jenis rumput laut dan mutu lingkungan perairannya (Kadi dan Atmaja, 1988)

Dalam pertumbuhan rumput laut kita mengetahui bahwa alat - alat tumbuh - tumbuhan akan menjadi tambah besar, tambah panjang serta bercabang - cabang. Terjadinya hal demikian dikarenakan terdapat perbanyakan dan pertumbuhan dari sel - sel yang menyusun rumput laut tersebut. Perbanyakan sel - sel dapat terjadi karena pembelahan pada sel - sel yang menyusun pada rumput laut. Proses pembelahan sel ini dimulai dengan pembelahan intinya yang selanjutnya terjadi pembelahan plasma atau pembelahan sel. Dalam pembelahan sel ada tiga cara yaitu *amitosis*, *mitosis*, dan *miosis*.

Pembelahan sel pada alga dengan cara *amitosis* yaitu pembelahan secara langsung. Pembelahan secara langsung diawali dengan kemunduran inti sel, yang kemudian akan mempermudah terjadinya pembelahan, sel akan membelah menjadi dua bagian atau lebih. Hasil pembelahan sel bisa sama besar atau pun tidak. Pola pembelahan inilah yang menyababkan petani rumput laut melakukan perkembangbiakan rumput laut dengan cara stek atau fragmentasi yang dinilai mudah dan murah.

Pertumbuhan juga merupakan salah satu aspek biologi yang harus diperhatikan. Ukuran atau berat bibit rumput laut yang ditanam sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan rumput laut. Bibit *thallus* yang berasal dari bagian ujung akan memberikan laju pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan dengan bibit *thallus* yang berasal dari bagian pangkal. Laju pertumbuhan rumput laut yang dianggap cukup menguntungkan apabila pertambahan berat per hari sebesar 3%.

Pertumbuhan rumput laut dikatagorikan dalam pertumbuhan *somatic* dan pertumbuhan fisiologi. Pertumbuhan *somatic* merupakan pertumbuhan yang diukur berdasarkan pertambahan berat atau panjang *thallus*, sedangkan pertumbuhan fisiologi dilihat berdasarkan reproduksi dan kandungan koloidnya (Kamlasi, 2008).

Perhitungan pertumbuhan rumput laut dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung tujuannya. Berikut dibawah ini rumus perhitungan pertumbuhan rumput laut :

a) **Pertumbuhan mutlak**, perhitungan pertumbuhan mutlak dilakuan untuk mengetahui selisih total dan pertambahan biomassa rumput laut yang telah ditanam. Penimbangan dilakukan pada kondisi rumput laut basah.

$$W = Wt - Wo$$

Keterangan :

W = pertambahan bobot rumput laut

Wt = bobot akhir rumput laut

Wo = bobot awal rumput laut

b) **Laju pertumbuhan harian**, perhitungan laju pertumbuhan harian bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan rumput laut yang terjadi setiap harinya, semakin tinggi laju pertumbuhan harian menunjukkan pertumbuhan rumput laut semakin baik.

$$\mathbf{G = \frac{Wt - Wo}{t}}$$

Keterangan :

G = Laju pertumbuhan harian (g/hari)
Wt = bobot akhir rumput laut (g)
Wo = bobot awal rumput laut (g)
t = lama pemeliharaan (hari)

c) **Laju pertumbuhan harian spesifik** (***Spesific Growt Rate*/ SGR**), perhitungan ini banyak digunakan untuk skala penelitian karena menggunakan perhitungan eksponensial sehingga akan didapat nilai pertumbuhan yang lebih spesifik.

$$g = \left[\left(\frac{Wn}{Wo}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right] \times 100\%$$

Keterangan :
G : laju pertumbuhan dalam persen per hari
Wn: berat tanaman sesudah n hari
Wo: berat tanaman awal
N : lama pemeliharaan (hari)

d) **Produksi rumput laut**, perhitungan hasil produksi rumput laut dilakukan untuk mengetahui hasil panen keseluruhan yang diperoleh dan tingkat efisiensi produksi rumput laut yang dibudidayakan.

$$\mathbf{Pr} = \frac{(\mathbf{Wt} - \mathbf{Wo})\mathbf{x\ B}}{\mathbf{A}}$$

Keterangan :

Pr = Produksi biomasa rumput laut (g/m)

Wt = bobot akhir rumput laut (g)

Wo = bobot awal rumput laut (g)

B = panjang tali (m)

A = jumlah titik tanam

Rumput laut merupakan organisme laut yang memiliki syarat-syarat lingkungan tertentu agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan maka akan semakin baik pertumbuhannya dan juga akan semakin baik hasil yang diperoleh. Rumput laut akan tumbuh lebih baik dibandingkan dengan kedalaman tertentu yang masih mendapat intensitas cahaya matahari baik, karena cahaya matahari merupakan faktor penting untuk pertumbuhan rumput laut. Pada kedalaman yang tidak terjangkau cahaya matahari, maka rumput laut tidak dapat tumbuh. Demikian pula iklim, letak geografis dan faktor oseanografi sangat menentukan pertumbuhan rumput laut.

Gambar 14. Kegiatan sampling pertumbuhan rumput laut

Msuya *and* Sulon (2006) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pertumbuhan rumput laut sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh musim, ketika curah hujan tinggi menunjukkan pertumbuhan yang rendah dibandingkan saat curah hujan rendah atau musim panas. Kadar *nutrient* yang tinggi berpengaruh terhadap tingginya pertumbuhan *Eucheuma denticulatum* namun tidak berpengaruh terhadap *Kappaphicus alvarezii*. Kepadatan bibit saat penanaman rumput laut merupakan salah satu faktor yang juga mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Kepadatan bibit rumput laut saat penanaman akan mempengaruhi luasan thallus rumput laut yang terpapar sinar matahari, sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pula terhadap proses fotosintesis yang mendukung pertumbuhan rumput laut.

Sulistijo (1994) melaporkan bahwa pertumbuhan rumput laut berkorelasi dengan kandungan karaginannya, dimana saat pertumbuhan tinggi kandungan karaginan menurun. Hal ini disebabkan karean *Kappaphycus* dan *Eucheuma* mempunyai 2 fase siklus kehidupan yaitu fase vegetatif dan generatif. Pada fase vegetatif, energi didistribusikan untuk pertumbuhan dan pembentukan karaginan. Kemudian dilanjutkan dengan fase generatif dimana energi untuk pembuatan karaginan direduksi untuk proses generatif sehingga kandungannya menurun sedangkan pertumbuhan tetap berjalan sampai mencapai titik maksimal.

Eksplorasi Perhitungan Laju Pertumbuhan

Pada kegiatan sebelumnya anda telah melakukan penanaman rumput laut dengan berbagai metode dan berbagai perlakuan uji coba. Setelah anda melaksanakan kegiatan tersebut dan membaca materi tentang perhitungan rumput laut denga beberapa model perhitungan, sekarang lakukan perhitungan rumput laut yang anda peroleh dari hasil uji coba yang telah anda lakukan sebelumnya! Coba anda hitung pertumbuhan total, laju pertumbuhan harian, SGR dan produksi rumput laut dari masing-masing uji coba tersebut. Kumpulkan data hasil perhitungan, lakukan analisa data serta diskusikan bersama kelompok anda!

b. Pengelolaan dan Pemeliharaan Rumput Laut

Untuk menjamin kebehasilan usaha budidaya rumput laut maka harus dilakukan usaha perawatan selama masa pertumbuhan, bukan hanya terhadap tanaman itu sendiri tapi juga fasilitas budidaya yang digunakan. Oleh karena itu peranan pengelola (pembudidaya) rumput laut sangat diperlukan untuk memperkecil kemungkinan adanya kerusakan khsusunya kekuatan alam yang tak terduga.

Dalam pemeliharaan rumput laut terdapat beberapa permasalahan yang sering dihadapi oleh petani rumput laut, antara lain :

1) Kerusakan konstruksi tanam yang disebabkan oleh gerakan arus dan ombak serta perusakan dari proses penangkapan ikan dengan menggunakan jaring maupun bahan peledak atau bahan beracun.
2) Kondisi yang disebut “ice-ice”. Ice-ice sering salah diartikan sebagai serangan penyakit, tapi sebenarnya ini adalah gejala air yang tidak mengalir dan naiknya temperatur.

3) Ikan-ikan yang memakan rumput laut dan tumbuhan *epiphytic* (berbagai jenis alga yang tumbuh pada rumput laut)
4) Kurangnya bahan tanam atau bibit yang baik.
5) Kerusakan fisiologis akibat mengalirnya air tawar.

Sedangkan pada budidaya *Eucheuma* di pantai/laut, ombak dan arus akan berperan membawa zat makanan. Tetapi selain itu, akan membawa partikel zat padat yang akan menempel pada *thallus* rumput laut sehingga akan mengganggu proses fotosintesis. Selain itu penempelan *biofouling* juga akan menghambat proses pertumbuhan rumput laut karena selain sebagai penyaring makanan juga dapat menghalangi intensitas cahaya matahari ke dalam rumput laut.

Pemeliharaan yang meliputi pengawasan dan perawatan baik konstruksi budidaya maupun tanaman harus dilakukan terus menerus agar keberhasilan budidaya maksimal. Konstruksi budidaya harus dipelihara dari kerusakan yang disebabkan olah alam atau menurunnya daya tahan bahan. Ombak besar dapat menyebabkan tercabutnya patok, jangkar serta putusnya tali ris dan ris utama. Setiap kerusakan yang terjadi karena pengaruh angin dan ombak, seperti kerusakan konstruksi atau posisi rakit, tali yang kendor atau putus, segera diperbaiki. Pembersihan terhadap sampah atau berbagai penempel pada rakit maupun pada rumput laut juga dilaksanakan pada kesempatan yang sama, dan dimana perlu bibit yang rusak atau terlepas dari ikatannya diganti dengan yang baru. Pengamatan dan perawatan dilaksanakan dengan frekuensi antara 3 kali seminggu sampai 1 kali seminggu. Semakin sering pengontrolan dilakukan di lapangan maka tanaman rumput laut juga akan semakin terjaga kualitas dan kuantitasnya.

Gambar 15. Pemeliharaan rumput laut yang ditanam dengan metode dasar

Menurunnya daya tahan bahan menyebabkan patahnya patok, rakit atau putusnya tali ris atau ris utama. Dalam rangka pemeliharaan maka harus dilakukan pengawasan setiap hari dan perbaikan terhadap bagian-bagian yang rusak segera dilakukan. Tertundanya perbaikan menyebabkan kerugian lebih besar karena makin banyaknya tanaman yang hilang.

Pada budidaya *Gracillaria* di tambak diperlukan perawatan pintu-pintu saluran air agar pergantian air dapat dengan mudah dilakukan. Hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan adalah :

1) Bersihkan tanaman dari tumbuhan dan lumpur yang mengganggu, sehingga tidak menghalangi tanaman dari sinar matahari dan mendapatkan makanan.
2) Jika ada sampah yang menempel, angkat tali perlahan, agar sampah-sampah yang menyangkut bisa larut kembali.
3) Jika ada tali bentangan yang lepas ikatannya, sudah lapuk atau putus, segera diperbaiki dengan cara megencangkan ikatan atau mengganti dengan tali baru.

4) Waspadai penyakit *ice-ice,* yaitu adanya tanda bercak-bercak putih pada rumput laut. Jika ada tanda tersebut, tanaman harus dibuang, karena dapat menularkan penyakit pada tanaman lainnya. Kalau dibiarkan, tanaman akan kehilangan warna sampai menjadi putih dan akhirnya mudah putus.
5) Untuk menghindari penyakit *ice-ice,* lakukan monitoring terhadap setiap tanaman, sehingga jika ada tanaman memutih bisa dilakukan pemotongan. Cara lain menghindari penyakit *ice-ice* adalah dengan menurunkan posisi tanaman lebih dalam untuk mengurangi panetrasi banyaknya sinar matahari, karena penyakit ini biasanya terjadi pada daerah pertanaman yang terlalu tinggi dengan permukaan air. Karena itu disarankan agar tanaman berada 1 meter dibawah permukaan air.
6) Hama rumput laut yang harus diwaspadai antara lain adalah : (a). Larva bulu babi *(Tripneustes sp)* bersifat planktonik yang melayang-layang di dalam air, lalu menempel pada tanaman. (b). Teripang (*Holothuria sp*) mula-mula menempel dan menetap pada rumput laut, lalu membesar dan dapat memakan rumput laut dengan menyisipkan ujung cabang rumput laut ke dalam mulut. Walaupun hama tersebut pengaruhnya kecil menyerang pada areal budidaya yang cukup luas, namun tetap perlu diwaspadai. Untuk menghindarinya, bisa dilakukan pemasangan jaring pada keliling areal tanaman.
7) Pergantian air minimal setiap tiga hari sekali pada saat surut dan pasang. Penggantian air pada musim kemarau dilakukan lebih sering dibanding musim hujan. Menjaga kebersihan tambak dengan jalan membuang kotoran dan tanaman lain (rumput dan alga lainnya) serta melakukan perawatan pintu-pintu air, saluran air dan perawatan pematang tambak.

Pemeliharaan yang meliputi pengawasan dan perawatan baik konstruksi budidya maupun tanaman harus dilakukan terus menerus agar

keberhasilan budidaya akan maksimal. Pada budidaya *Gracilaria* di tambak pengamatan kualitas air dapat dilakukan secara berkala agar tambak terhindar dari cemaran dan ledakan fitoplankton serta makro alga. Pendeteksian keberadaan hama dan penyakit secara cepat dapat dilakukan dengan pengawasan sesering mungkin.

Gambar 16. Pemeliharaan *Gracilaria* sp yang ditanam di tambak

Pemeliharaan tanaman memegang peranan penting untuk mengoptimalkan pertumbuhannya. Pergantian air (minimal 60% setiap 15 hari) akan membantu masuknya unsur hara baru dalam tambak, tetapi apabila unsur hara masih belum mencukupi untuk kebutuhan pertumbuhan rumput laut maka dapat dilakukan pemupukan 20 kg/ha setiap 15 hari dengan menggunakan urea : TSP : ZA dengan perbandingan 1:1:1 atau sesuai dengan kebutuhan lokasi budidaya. *Gracilaria* memerlukan nutrisi pada pertumbuhannya seperti nitrogen, phosphat dan kalium serta oksigen. Kualitas nutrisi air tambak berpengaruh terhadap penggunaan pupuk. Pada prinsipnya, empat minggu pertama, tanaman memerlukan lebih banyak nutrisi nitrogen, sedangkan dua atau tiga minggu sebelum panen tanaman memerlukan lebih banyak nutrisi phosphate. Selain itu penyebaran rumput laut yang merata di dasar tambak perlu dipertahankan sehingga apabila rumput laut yang mulai rimbun dan mengumpul pada suatu titik tertentu, sebaiknya dapat disebarkan secara merata dalam tambak.

Pada budidaya rumput laut yang dilakukan dibak beton atau pemeliharaan bersifat tertutup seperti teknik budidaya semprot yang telah mulai dikembangkan di Indonesia pemeliharaannya relatif lebih mudah karena penanamannya lebih terkontrol serta arealnya yang tidak terlalu besar lebih memudahkan dalam perawatan sehari-hari. Perawatan yang diperlukan untuk pemeliharaan tertutup antara lain pengontrolan saluran atau sirkulasi air serta pengamatan kualitas air yang kontinyu terutama kandungan *nutrient* seperti nitrat dan fosfat yang terkandung di dalam media pemeliharaan. Metode ini lebih menguntungkan karena pengontrolan kualitas air lebih mudah, pertukaran gas lebih efisien, relatif bebas dari predator, penyerapan nutrien oleh *thallus* dapat diatur dan mudah dipanen.

Pemeliharaan yang meliputi pengawasan dan perawatan baik konstruksi budidaya maupun tanaman harus dilakukan terus menerus agar keberhasilan budidaya maksimal. Konstruksi budidaya harus dipelihara dari kerusakan yang disebabkan olah alam atau menurunnya daya tahan bahan. Ombak besar dapat menyebabkan tercabutnya patok, jangkar serta putusnya tali ris dan ris utama.

Perawatan terhadap fasilitas dan rumput lautnya sendiri dilaksanakan dengan pengamatan secara berkala. Setiap kerusakan yang terjadi karena pengaruh angin dan ombak, seperti kerusakan konstruksi atau posisi rakit, tali yang kendor atau putus, segera diperbaiki. Pembersihan terhadap sampah atau berbagai penempel pada rakit maupun pada rumput laut juga dilaksanakan pada saat yang bersamaan. Jika terdapat bibit rumput laut yang terserang hama atau terserang gejala penyakit, maka sebaiknya bibit yang rusak dipotong agar tidak menjalar ke bagian thallus yang lain. Jika perlu bibit yang rusak atau terlepas dari ikatannya diganti dengan yang baru. Pengamatan dan perawatan dilaksanakan dengan frekuensi antara 2 × 1 minggu sampai 1 × 2 minggu.

Menurunnya daya tahan bahan menyebabkan patahnya patok, rakit atau putusnya tali ris atau ris utama. Dalam rangka pemeliharaan maka harus dilakukan pengawasan setiap hari dan perbaikan dilakukan dengan segera terhadap bagian-bagian yang rusak. Tertundanya perbaikan dapat menyebabkan kerugian yang lebih besar karena akan semakin banyaknya tanaman yang hilang.

Pengelolaan dan pemeliharaan rumput laut merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan rumput laut, selain faktor-faktor internal dan eksternal yang telah dijelaskan sebelumnya. Faktor pengelolaan yang harus diperhatikan seperti substrat perairan dan juga jarak tanam bibit dalam satu rakit apung (Syaputra, 2005).

Rumput laut merupakan organisme laut yang memiliki syarat-syarat lingkungan tertentu agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan maka akan semakin baik pertumbuhannya dan juga hasil yang diperoleh akan semakin baik.

Dari beberapa penelitian dan pengamatan laju pertumbuhan rumput laut diketahui bahwa kecenderungan pertumbuhan rumput laut tidak sama menurut umur, besar rumpun bibit maupun menurut musim yang berbeda-beda. Laju pertumbuhan tertinggi terdapat pada minggu-minggu pertama pananaman, kemudian kecepatannya berkurang dan setelah 2 bulan laju pertumbuhannya menurun. Dari jumlah bibit yang ditanam dan perhitungan pertumbuhan maka kita dapat menghitung dan membuat estimasi hasil yang akan diperoleh saat panen sehingga dapat mengetahui keuntungan yang akan diperoleh dari usaha budidaya rumput laut tersebut.

3. Tugas

Pada kegiatan perawatan dan pemeliharaan rumput laut, anda dapat melakukan kegiatan penanaman rumput laut jenis *Kappaphycus* sp, *Eucheuma*

sp, atau Gracilaria sp sesuai dengan petunjuk guru, buatlah suatu proyek kegiatan. Lakukan penanaman rumput laut 1 periode penanaman, pada kegiatan ini anda dapat melakukan semua kegiatan dengan baik sesuai dengan apa yang telah anda pelajari sebelumnya! Tugas anda adalah melakukan perawatan dan pemeliharaan sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Anda juga bisa melakukan ini secara mandiri untuk memperoleh keuntungan produksi yang lebih baik! Amati dan hitung pertumbuhannya, catat kegiatan perawatan yang anda lakukan, jenis kegiatan dan frekuensi pemeliharaannya! Diskusikan hasilnya dan presentasikan di depan kelas!

4. Refleksi

Isilah pernyataan berikut ini sebagai refleksi pembelajaran!

a Apa saja yang telah anda peroleh baik aspek pengetahuan, keterampilan dan sikap dari hasil kegiatan pembelajaranini?

____

____

b Apakah anda merasakan manfaat dari pembelajaran tersebut, jika ya apa manfaat yang anda peroleh? jika tidak mengapa? Jelaskan!

____

____

c Apa yang anda rencanakan untuk mengimplementasikan pengetahuan, keterampilan dan sikap dari apa yang telah anda pelajari?

____

____

d Apa yang anda harapkan untuk pembelajaran berikutnya?

____

____

5. Tes Formatif

1 Hasil pembelahan sel-sel jarunan meristem primer adalah defisnisi dari…
   a. Pertumbuhan primer
   b. Pertumbuhan sekunder
   c. Pertumbuhan inti
   d. Pertumbuhan selular

2 Pertumbuhan rumput laut teruadi karena adanya proses…
   a. Respirasi dan fotosintesis
   b. Fotosintesis dan osmoregulasi
   c. Respirasi dan osmoregulasi
   d. Fotosintesis dan sirkulasi

3 Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan antara lain…
   a. Jenis, galur dan lingkungan
   b. Lingkungan, pengelolaan dan koperasi
   c. Koperasi, bagian *thalus* dan umur bibit
   d. Umur bibit, lingkungan dan pangsa pasar

4 Tambalang, sacol, maumere dan gadis bali merupakan strain dari jenis…
   a. Euchema denticulatum
   b. Kappaphycus alvarezii
   c. *Gracilaria sp*.
   d. Kappaphycus striatum

5 Hormon yang sangat berparan dalam pertumbuhan *thallus* rumput laut adalah…
   a. *Giberelin, auxin* dan *kinin*
   b. *Giberalin, kinin* dan *tryptophan*

c. *Tryptophan, auksin* dan *amilase*
d. *Amilase, tryptophan* dan *auxin*

6 Senyawa-senyawa sintetik yang mempunyai pengaruh fisiologis yang serupa dengan hormon tanaman disebut juga…
a. Fitohormon
b. Zat pengatur tumbuh
c. Fikokoloid
d. Inhibitor

7 Pengaruh pergerakan air terhadap pertumbuhan rumput laut adalah untuk, kecuali…
a. Mensuplai nutrien
b. Membersihkan kotoran yang yang menempel
c. Melangsungkan pertukaran CO_2 dan O_2
d. Mensuplai kadar garam

8 Pasang surut sangat bermanfaat untuk budidaya rumput laut yang dilakukan ditambak, khususnya dalam hal…
a. Mengatur air masuk dan keluar area tambak
b. Membawa karbondioksida yang baru
c. Mengurangi tingkat kekeruhan air
d. Meningkatkan tingkat penetrasi cahaya

9 Nutrisi yang dibutuhkan rumput laut sangat beraneka ragam, makro nutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, antara lain…
a. Sulfat, nitrogen dan mangan
b. Nitrogen, seng, dan fosfor
c. Natrium, seng dan klorin
d. Nitrogen, fosfor dan sulfat

10 Nutrien yang berperan dalam pembentukan membran sel dan dinding sel adalah…

a. Potasium

b. Magnesium

c. Kalsium

d. Sulfat

C. Penilaian

1. Penilaian Sikap

INSTRUMEN PENILAIAN PENGAMATAN SIKAP
DALAM PROSES PEMBELAJARAN

Petunjuk :

Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria sebagai berikut :

Nama Peserta Didik : ....

Kelas : ....

Topik : ....

Sub Topik :..........................

Tanggal Pengamatan : ....

Pertemuan ke : ....

No	Aspek Pengamatan	Skor				Keterangan
		1	2	3	4	
1	Sebelum memulai pelajaran, berdoa sesuai agama yang dianut siswa					
2	Interaksi siswa dalam konteks pembelajaran di kelas					
3	Kesungguhan siswa dalam melaksanakan praktek					
4	Ketelitian siswa selama mengerjakan praktek					

5	Kejujuran selama melaksanakan praktek					
6	Disiplin selama melaksanakan praktek					
8	Tanggung jawab siswa mengerjakan praktek					
9	Kerjasama antar siswa dalam belajar					
10	Menghargai pendapat teman dalam kelompok					
11	Menghargai pendapat teman kelompok lain					
12	Memiliki sikap santun selama pembelajaran					
	Jumlah					
	Total					
	Nilai Akhir					

Kualifikasi Nilai pada penilaian sikap

Skor	Kualifikasi
1,00 – 1,99	Kurang
2,00 – 2,99	Cukup
3,00 – 3,99	Baik
4,00	Sangat baik

$$\mathbf{NA} = \frac{\sum \mathbf{skor}}{\mathbf{12}}$$

RUBIK PENILAIAN PENGAMATAN SIKAP

DALAM PROSES PEMBELAJARAN

ASPEK	KRITERIA	SKOR
A. Berdoa sesuai agama yang dianut siswa	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
B. Interaksi siswa dalam konteks pembelajaran	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1

ASPEK	KRITERIA	SKOR
C. Ketelitian siswa selama mengerjakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
D. Kejujuran selama melaksanakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
E. Disiplin selama melaksanakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
F. Memiliki sikap santun selama pembelajaran	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
G. Tanggung jawab siswa mengerjakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
H. Kesungguhan dalam mengerjakan tugas	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
I. Kerjasama antar siswa dalam belajar	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
J. Menghargai pendapat teman dalam kelompok	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
K. Menghargai pendapat teman dalam kelompok	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1

DAFTAR NILAI SISWA ASPEK SIKAP DALAM PEMBELAJARAN

TEKNIK NON TES BENTUK PENGAMATAN

Nama Peserta Didik : ....

Kelas : ....

Topik : ....

Sub Topik :..........................

Tanggal Pengamatan : ....

Pertemuan ke : ....

No	Nama Siswa	Skor Aktivitas Siswa											Jlh	NA
		Aspek Sikap												
		Berdoa sebelum belajar	Interaksi	Ketelitian	Kejujuran	Disiplin	Santun	Tanggungjawab	Kesungguhan	Kerjasama	Menghargai dlm klpk	Menghargai klpk lain		
1														
2														
3														
4														
5														

2. Penilaian Pengetahuan

Jawablah soal berikut dibawah ini

a. Jelaskan macam-macam strain yang dikenal dimasyarakat pada jenis *Kappaphycus alvarezii*
b. Jelaskan peran cahaya matahari terhadap pertumbuhan rumput laut!
c. Jelaskan cara menghitung laju pertumbuhan rumput laut!
d. Jelaskan cara pemeliharaan rumput laut yang ditanam di laut!
e. Jelaskan cara pemeliharaan rumput laut yang ditanam di tambak!

3. Penilaian Keterampilan

INSTRUMEN PENILAIAN PENGAMATAN ASPEK KETERAMPILAN DALAM PROSES PEMBELAJARAN

Nama Peserta Didik : ....
Kelas : ....
Topik : ....
Sub Topik :..........................
Tanggal Pengamatan : ....
Pertemuan ke : ....

Petunjuk :

Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria sebagai berikut :

No	Aspek Pengamatan	Skor				Ket
		1	2	3	4	
1	Membaca buku bacaan / sumber belajar lainnya sebelum pelajaran					
2	Memahami konsep 5M dalam pembelajaran					
3	Mengaplikasikan kegiatan 5M yang dicantumkan					
4	Mengidentifikasi faktor-faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan					
5	Mengidentifikasi faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan					
6	Menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan					
7	Menghitung laju pertumbuhan rumput laut					
8	Memelihara rumput laut di laut/tambak					
9	Mengelola pemeliharaan konstruksi tanam rumput laut					
10	Menulis laporan praktek sesuai out line yang dianjurkan					
11	Menulis laporan dengan memaparkan dan membahas data hasil praktek					

Keterangan skor :

1 : tidak terampil, belum dapat melakukan sama sekali

2 : sedikit terampil, belum dapat melakukan tugas dengan baik

3 : cukup terampil, sudah mulai dapat melakukan tugas dengan baik

4 : terampil, sudah dapat melakukan tugas dengan baik

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2. PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT RUMPUT LAUT

A. Deskripsi

Kegiatan pembelajaran pengendalian hama penyakit rumput laut merupakan kegiatan pembelajaran lanjutan dari materi sebelumnya yang telah dipelajari. Jika sebelumnya anda telah mempelajari tentang teknik pemeliharaan rumput laut maka sekarang anda akan mempelajari tentang pengendalian hama penyakit rumput laut, yang meliputi :

1. Jenis-jenis hama dan penyakit pada rumput laut
2. Gejala serangan hama dan penyakit pada rumput laut
3. Teknik pengendalian hama dan penyakit rumput laut

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Siswa yang telah mempelajari topik ini diharapkan mampu :

a. Mengidentifikasi jenis-jenis hama dan penyakit pada rumput laut
b. Menganalisa penyebab sakitnya rumput laut dari gejala serangan yang nampak
c. Mengendalikan hama dan penyakit rumput laut

2. Uraian Materi

Pengamatan

Pada kegiatan penanaman dan pemeliharaan rumput laut yang anda lakukan sebelumnya, apakah anda mendapati gejala-gejala penyakit atau serangan hama pada rumput laut yang anda tanam? Jika iya catatlahgejala serangan tersebut lalu coba identifikasi penyebab kerusakan rumput laut yang anda tanam/pelihara!kumpulkanlah informasi berdasarkan hasil pengamatan dari berbagai sumberlalu diskusikanlah dengan teman dan guru pendamping!

a. Jenis hama dan gejala serangan pada rumput laut

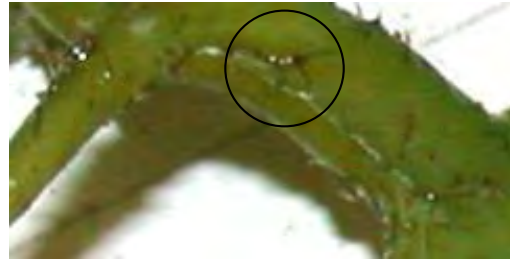
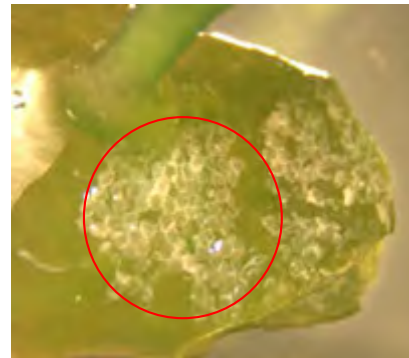
Hama dan penyakit dapat menyebabkan rusaknya tanaman rumput laut, hal ini karena hama rumput laut bersifat *grazer* sehingga tanaman rumput laut dikonsumsi oleh hama yang ada dilokasi budidaya. Ada juga hama rumput laut yang sifatnya menempel pada *thallus* rumput laut, hal ini menyebabkan *thallus* rumput laut tidak dapat menerima nutrien dan oksigen yang tersedia di perairan dengan optimal karena permukaannya tertutupi oleh hama penempel. Hama yang sifatnya epifit merupakan hama yang menempel dan mengambil nutrien dari *thallus* rumput laut untuk bertahan hidup, seperti benalu.

Hama rumput laut umumya memangsa rumput laut sehingga akan menimbulkan kerusakan fisik terhadap *thallus*, dimana *thallus* akan mudah terkelupas, patah ataupun habis dimakan hama. Hama penyerang rumput laut dibagi menjadi dua menurut ukurannya, yaitu :

1) Hama mikro

Hama mikro merupakan organisme parasit yang umumnya mempunyai panjang kurang dari 2 cm. hama mikro umumnya hidup menumpang

pada rumput laut, hama mikro yang sering menyerang rumput laut antara lain :

a) Larva bulu babi (*Tripneustes* sp.) yang bersifat planktonik, melayang-layang didalam air dan kemudian menempel pada tanaman rumput laut.
b) Larva teripang (*Holothuria* sp.) yang mula-mula menempel dan menetap pada *thallus* rumput laut, kemudian tumbuh menjadi besar. Larva yang sudah besar tersebut dapat memakan *thallus* rumput laut secara langsung dengan cara menyisipkan ujung-ujung cabang rumput laut kedalam mulutnya.
c) Lumut Kutu, berwarna coklat kehitaman dengan ukuran yang kecil seperti rambut, biasanya menempel dan menembus jaringan *thallus* rumput laut menyebabkan terhambatnya penetrasi cahaya matahari sehingga *thallus* rumput laut membusuk dan rontok. Tingkat Penyebarannya cepat dan menjadi penyebab kerusakan masal pada budidaya rumput laut.
d) Epifit, hama mikro juga dapat berupa epifit atau jenis rumput laut lain yang secara tidak sengaja spora dari rumput laut lain terbawa arus sehingga dapat menempel dan menetap pada *thallus* yang dibudidayakan. Epifit ini juga dapat mengurangi penetrasi cahaya yang diterima oleh rumput laut budidaya sehingga secara tidak langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut yang dibudidayakan. Rumput laut yang ditempeli epifit, *thalus*nya akan menjadi lembek, pucat, kurus hingga akhirnya hancur.
e) Kumpulan telur, hama mikro lain yang ditemukan pada rumput laut dapat juga berupa kumpulan dari telur organisme lain yang ditempelkan di tanaman rumput laut yang dibudidayakan atau ada juga organisme lain yang menjadikan rumput laut sebagai *shelter* atau tempat berlindung sehingga menyimpan makanan di tanaman rumput laut tersebut.

Gambar 17. Hama mikro pada rumput laut (a) *Sphacelaria sp.* (b) *Neosiphonia sp. (c) Zoocanthid dan (d) kumpulan telur hewan laut atau Bryozoans*

2) Hama makro

Hama makro merupakan organisme parasit yang berukuran lebih dari 2 cm yang terdapat dilokasi budidaya itu sendiri dan sudah dalam bentuk ukuran besar/dewasa. Beberapa hama makro yang sering dijumpai pada budidaya rumput laut antara lain :

a) Ikan Beronang (*siganus spp*), merupakan hama perusak terbesar pada budidaya rumput laut. Benih ikan beronang mempunyai sifat bergerombol merupakan hama yang paling serius penyerangannya. Ikan ini menyerang seluruh *thallus* bagian luar, akibatnya rumput laut hanya tertinggal kerangkanya saja. Serangan ikan beronang

bersifat musiman terutama pada musim benih, sehingga di setiap daerah waktu serangannya pun berbeda.

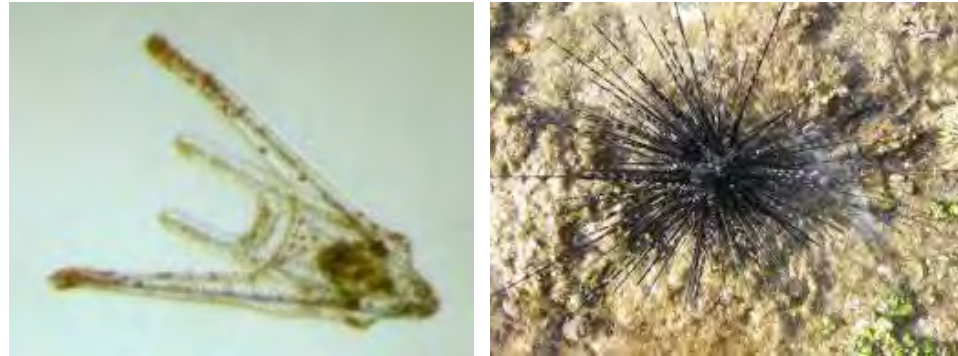
Ikan beronang memakan ujung-ujung *thallus Gracilaria* sp. Tanda pada rumput laut yang termakan ikan beronang adalah terdapat bekas potongan kecil pada ujung *thallus*, tidak semua *thallus* termakan habis dan rumput laut tidak mengalami pembusukan. Ikan beronang tidak memakan seluruh *thallus*. *Thallus* yang dimakan hanya percabangan yang paling muda. Biota ini menjadi salah satu pengganggu pada budidaya rumput laut karena sifat makannya yang bergerombol dan mencari tumbuhan hijau. Ikan beronang mempunyai mulut yang kecil. Biota ini juga tidak memakan rumput laut sebagai makanan utama. Sehingga rumput laut yang dimakan hanya cabang *thallus* yang baru tumbuh atau yang muda saja. Berbeda dengan *thallus* yang dimakan penyu, ujung *thallus* yang termakan penyu akan mudah tumbuh lagi.

Gambar 18. Sekelompok ikan yang menyerang rumput laut

b) Penyu Hijau (*Chelonia midas*), merupakan hama yang merusak tanaman budidaya rumput laut yang paling ganas. Penyu hijau biasanya menyerang pada malam hari. Hama ini dapat memangsa habis tanaman budidaya pada areal yang tidak terlalu luas. Tanda-tanda tanaman rumput laut terserang penyu hijau adalah tanaman hanya tertinggal pada ikatan tali saja dan tampak bekas seperti dipotong benda tajam.

Gambar 19. Penyu hijau salah satu hama rumput laut

c) Bulu Babi (*Diadema*), merupakan hama yang merusak bagian tengah *thallus*. Serangan bulu babi dapat mengakibatkan bagian cabang-cabang utama *thallus* terlepas dari tanaman induk. Larva bulu babi yang masih bersifat planktonis juga dapat menempel pada bagian-bagian thalus rumput laut, hal ini dapat menyebabkan terhalangnya thallus rumput laut dalam menerima cahaya matahari, sehingga secara tidak langsung dapat mengganggu proses fotosintesis pada thallus rumput laut. Serangan bulu babi pengaruhnya relatif kecil dan tidak terasa terutama pada areal budidaya yang cukup luas.

Hama bulu babi tidak menyerang rumput laut yang jauh dari dasar perairan.

(a) (b)

Gambar 20. Bulu babi sebagai hama rumput laut (a) larva bulu babi yang bersifat planktonis dan (b) bulu babi dewasa sebagai grazer

d) Bintang Laut (*Protoneostes*), merupakan hama yang mempunyai kemampuan memanjat pada tanaman rumput laut dan dapat menutupi cabang-cabangnya. Cabang yang ditutupi/ditempeli oleh bintang laut akan mati serta banyak percabangan yang patah. Larva bintang laut sama dengan larva bulu babi yang memiliki sifat planktonis, sehingga dapat menempel pada *thallus* rumput laut yang secara tidak langsung dapat mengganggu proses fotosintesis. Serangan bulu babi pengaruhnya relatif kecil dan tidak terasa terutama pada areal budidaya yang cukup luas. Hama bintang laut tidak menyerang rumput laut yang jauh dari dasar perairan.

(a) (b)

Gambar 21. Bintang laut sebagai hama rumput laut (a) bintang laut yang menyerang *Caulerpa* sp dan (b) larva bintang laut yang bersifat plantonis

e) Teritip yang mempunyai ukuran lebih besar menempel pada *thallus* yang tua sedangkan teritip ukuran kecil menempel pada *thallus* muda. Penempelan teritip biasanya diikuti dengan tumbuhnya lumut di sekitar *thallus* yang ditempeli. Sedangkan kerusakan yang timbul adalah *thallus* yang ditempeli lama kelamaan akan berwarna putih. Tanda- tanda rumput laut yang di tempeli oleh teritip di antaranya yaitu terdapat bekas potongan pada percabangan dan ujung *thallus*nya serta adanya pembusukan akibat potongan tersebut. Sedangkan kerusakan yang disebabkan oleh adanya penempelan teritip pada rumput laut adalah timbulnya lumut di sekitar *thallus*.

f) Siput merupakan salah satu hama yang banyak menyerang rumput laut yang dibudidaya ditambak seperti *Gracilaria*. Hama yang berasal dari jenis siput ini keberadaannya cukup merugikan bagi rumput laut tersebut. Siput ini akan memakan bagian ujung dari rumput laut yang masih muda dan bagian yang akan tumbuh dan berkembang. Tunas *Gracilaria* biasanya berbentuk silindris sampai pipih dengan tekstur seperti tulang rawan, percabangan banyak, ada yang

sederhana tetapi ada pula yang rumit dan rimbun. Setelah percabangan biasanya *thallus* menjadi lebih kecil. *Gracilaria* mempunyai pertumbuhan *uniaxial*, dengan sel tunggal yang tumbuh ditiap ujung tali. Kumpulan cabang *dichotomous Gracilaria verrucosa* mempunyai panjang hampir 30-40 cm. *Thalii* dapat berwarna hijau kecoklatan, merah, pirang merah kecoklatan merah tua, merah muda dan sebagainya. Jika bagian *thallus* ini dimakan oleh siput, maka rumput laut tidak akan tumbuh dan berkembang, dan bahkan lama-lama akan habis dimakan oleh siput tersebut.

Gambar 22. Siput yang menempel pada rumput laut

g) Alga *Ectocarpus*

Ectocarpus sp. merupakan salah satu jenis dari ganggang cokelat (*Phaeophyceae).* Ganggang cokelat umumnya terdapat di laut, melekat pada batu-batuan dan seringkali terdampar di pantai. Bentuk tubuhnya menyerupai tumbuhan tingkat tinggi karena

memiliki alat yang mirip akar, batang dan daun. Panjang *thallus*nya dapat mencapai 10 meter.

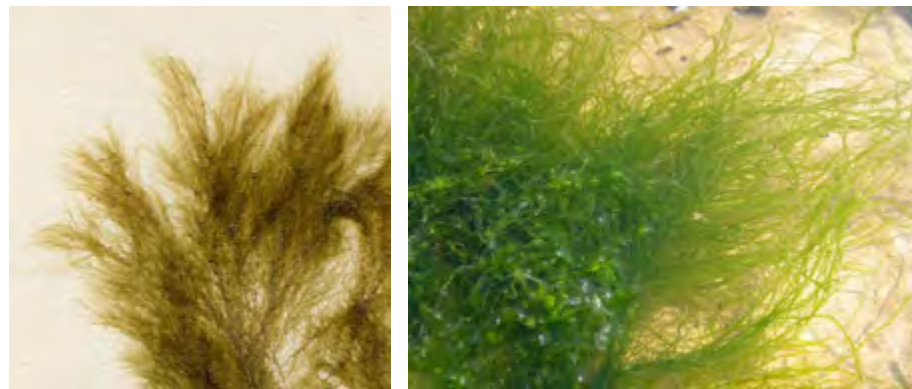
Ganggang ini berwarna kecoklatan karena selain mengandung klorofil juga mengandung pigmen *fukosantin* yang merupakan pigmen dominan dan karoten serta santofil. Cara kita mengenali tumbuhan ini di pantai adalah dengan mengamati ciri-cirinya, berupa *thallus* berwarna cokelat yang mempunyai gelembung-gelembung udara. Adanya gelembung udara ini menyebabkan ganggang cokelat dapat mengapung dalam air laut. Gelembung udara juga mengandung cadangan udara untuk bernapas.

Ganggang cokelat berkembangbiak secara vegetatif dengan fragmentasi dan berkembangbiak secara generatif dengan *oogami* yaitu peleburan *spermatozoid* dan ovum membentuk *zigot*. Kemudian *zigot* akan tumbuh dan berkembang menjadi ganggang cokelat dewasa. Alga ini jika tumbuh berdampingan dengan rumput laut budidaya akan menyebabkan persaingan dalam hal pemanfaatan nutrisi dan oksigen terlarut. Hama ini banyak ditemukan pada budidaya di tambak.

h) Alga *Enteromorpha*.

Enteromorpha sp. berasal dari kata *enteron* yang berarti usus dan *morphe* yang berarti bentuk. Sel bagian tengah dan ujung berisi satu *pirenoid* di setiap selnya. Kloroplasnya sering memiliki bentuk seperti mangkuk yang tampak di bagian permukaan dengan ukuran yang berbeda panjangnya pada masing-masing sel. Bentuk dan susunan selnya seperti pada tumbuhan tingkat tinggi

Alga ini berukuran kecil dan sering membentuk rumpun. *Thallus*nya berbentuk tabung dan di dalamnya terdapat ruang silinder. Siklus

hidupnya mengalami pergantian keturunan yang isomorfik, tetapi beberapa spesies hanya menggunakan *zoospora* dalam reproduksinya. *Zoospora* dibebaskan melalui lubang lateral pada dinding sel. Alga ini digunakan untuk makanan ikan (Aslan, 1991). Alga ini juga banyak ditemukan pada budidaya *Gracilaria* ditambak, sebagai pesaing nutrisi dan oksigen terlarut.

(a) (b)

Gambar 23. Hama makro pada *Gracilaria* yang ditanam di tambak (a) *Ectocarpus sp*. dan (b) *Enteromorpha sp.*

Gejala kerusakan rumput laut yang diakibatkan oleh pemangsaan dapat dikelompokkan berdasarkan ciri-cirinya untuk mengidentifikasi hama yang menyerang rumput laut tersebut. Pengelompokkan berdasarkan ciri-cirinya adalah :

a) *Gouging* (lecet) adalah luka kecil pada *thalus* rumput laut, lapisan pigmen sedikit terkelupas seolah-olah tidak terjadi kerusakan. Serangan ini dapat disebabkan oleh siput atau larva bintang laut
b) *Planing*, menunjukkan kerusakan yang berupa kerusakan di salah satu sisi *thallus* dengan bentuk seperti gesekan. Hal ini disebabkan karena serangan benih bintang laut yang berukuran lebih besar

c) *Stripping* adalah luka dan goresan yang lebih dalam pada *thallus* dan menyebabkan luka yang serius. Sehingga menyebabkan lapisan *korteks thalus* hilang

d) *Tip nipping* (bekas gigitan) menunjukkan kerusakan pada ujung *thalus* yang digigit, namun bagian bekas gigitan tersebut tumbuh kembali tunas baru. Hal ini dapat disebabkan oleh ikan herbivora seperti ikan beronang, *surgeon fish* atau *parrot fish*

e) *Total damage* (kerusakan total) rumput laut secata keseluruhan rusak akibat gigitan, terutama dibagian *thallus* muda

f) Rumput laut rusak bahkan sebagian besar hilang, hal ini dapat disebabkan oleh penyu hijau

(a) (b)

(c) (d)

(e)

Gambar 24. Gejala serangan hama pada rumput laut oleh *grazer* (a) *Gouging* (b) *Planing* (c) *Stripping* (d) *Tipo Nipping* dan (e) *Total damage*

b. Jenis penyakit dan gejala serangan pada rumput laut

Semangun (1996) menjelaskan penyakit tumbuhan bila ditinjau dari sudut biologi adalah sebagai penyimpangan dari sifat normal yang menyebabkan bagian tubuh tidak dapat melakukan kegiatan fisiologi yang biasa, sementara dari sudut ekonomi penyakit adalah ketidakmampuan tumbuhan untuk memberikan hasil yang cukup, baik kuantitas maupun kualitas. Jasad renik (mikroba) tidak langsung menjadi penyebab suatu penyakit, tapi keadaan luar telah melemahkan tumbuhan terlebih dahulu, sehingga jasad dapat masuk atau juga oleh penyebab-penyebab yang bekerja terus menerus dalam waktu yang lama. Penyakit hanya akan terjadi jika *pathogen* yang *virulen*, dan lingkungan yang sesuai. Penyakit tidak akan terjadi jika *pathogen* yang *virulen* bertemu dengan bagian tubuh yang rentan, tetapi lingkungan tidak mendukung. Lingkungan seperti kelembaban, suhu, sinar matahari dan unsur hara sangat mempengaruhi proses tersebut.

Penyakit pada rumput laut terjadi akibat serangan sekunder, yang berasal dari lingkungan. Penyakit rumput laut juga dapat diawali dari luka atau

lecet yang terdapat pada *thallus*. Luka atau terkelupasnya *thallus* rumput aut dapat disebabkan pada penanganan *thallus* yang kurang baik, luka akibat pemotongan bibit/fragmentasi bibit atau dapat juga berasal dari bekas gigitan hama. Luka atau pengelupasan *thallus* jika terpampang dengan perairan yang kurang bersih atau kurang optimal maka akan menyebabkan perubahan fisiologis pada rumput laut yang akhirnya akan mempermudah rumput laut terserang penyakit yang ada di perairan. Penyakit utama yang menyerang rumput laut adalah *ice-ice* yang ternyata setelah diteliti lebih dalam, ditemukan infeksi bakteri pada *ice-ice* tersebut.

Ice-ice diketahui pertama kali menginfeksi *Eucheuma* di Philipina pada tahun 1974 (Aji 1992 *dalam* Santoso, 2008 ; Sulistiyo, 1988), merupakan penyakit yang banyak menyerang rumput laut pada saat musim hujan (Oktober-April) (Doty, 1975; Doty 1979; Mintardjo, 1990). *Ice-ice* merupakan penyakit dengan tingkat infeksi cukup tinggi di negara Asia penghasil *Eucheuma* (Philips, 1990).

Penyakit ini merupakan efek bertambah tuanya rumput laut (Doty, 1979; Trono, 1990) dan kekurangan nutrisi (Kaas and Perez, 1990), ditandai dengan timbulnya bintik/bercak-bercak merah pada sebagian *thallus* yang lama kelamaan menjadi kuning pucat dan akhirnya berangsur-angsur menjadi putih dan akhirnya menjadi hancur atau rontok (Aditya dan Ruslan, 2003; Aji dan Murdjani, 1986; Imardjono *et al*.,1989; Trensongrusmee dkk., 1986; Runtuboy, 2004). *Ice-ice* dapat menyebabkan *thallus* menjadi rapuh dan mudah putus. Gejala yang diperlihatkan adalah pertumbuhan yang lambat, terjadinya perubahan warna menjadi pucat dan pada beberapa cabang *thallus* menjadi putih dan membusuk. Stress yang diakibatkan perubahan kondisi lingkungan yang mendadak seperti: perubahan salinitas, suhu air dan intensitas cahaya, merupakan faktor utama yang memacu timbulnya penyakit *ice-ice*. Ketika rumput laut mengalami stress karena rendahnya salinitas, suhu, pergerakan air dan

instensitas cahaya, akan memudahkan infeksi patogen (Imardjono *et al*.,1989; Hurtado and Agbayani, 2000; Mintardjo, 1990; Kaas and Perez, 1990). Dalam keadaan stres, rumput laut (misalnya: *Gracilaria*, *Eucheuma* atau *Kappaphycus*) akan membebaskan substansi organik yang menyebabkan *thallus* berlendir dan diduga merangsang banyak bakteri tumbuh di sekitarnya (Trono, 1974; Aji dan Murdjani, 1986; Kaas and Perez, 1990; *Uyenco* et al.,1981). *Laminaria* juga terinfeksi penyakit yang mirip *ice-ice* disebabkan karena tinggi Hidrogen Sulfida (H_2S) yang diproduksi oleh bakteri saprofit (Wu *et al*.,1976 *dalam* Yuan, 1990). Kejadian penyakit *ice-ice* bersifat musiman dan menular.

Penyakit ini terjadi di daerah-daerah dengan kecerahan tinggi, biasanya dikenal sebagai *ice-ice* dengan gejala timbulnya bintik-bintik/bercak-bercak pada sebagian *thallus*, namun lama kelamaan akan menyebabkan kehilangan warna sampai menjadi putih dan mudah terputus. Penyakit ini menyerang *Kappaphycus alvarezii* atau *Eucheuma spp*. terutama disebabkan oleh adanya perubahan lingkungan (arus, suhu, kecerahan, dll.) di lokasi budidaya dan berjalan dalam waktu yang cukup lama.

Bakteri yang dapat diisolasi dari rumput laut dengan gejala *ice-ice* antara lain adalah *Pseudomonas* spp., *Pseudoalteromonas gracilis,* dan *Vibrio spp*. *Agarase* (*arginase*) dari bakteri merupakan salah satu faktor *virulen* yang berperan terhadap infeksi *ice-ice* (Yuan, 1990). Faktor-faktor predisposisi atau pemicu lainnya juga dapat menyebabkan *ice-ice*. *Predisposisi* itu antara lain adalah serangan hama seperti ikan baronang (*Siganus spp*.), penyu hijau (*Chelonia midas*), bulu babi (*Diadema* sp.) dan bintang laut (*Protoneostes*) yang menyebabkan terjadinya luka pada *thallus*. Luka akan memicu terjadinya infeksi sekunder oleh bakteri. Pertumbuhan bakteri pada *thallus* akan menyebabkan bagian *thallus* tersebut menjadi putih dan rapuh. Selanjutnya, pada bagian tersebut mudah patah dan jaringan menjadi lunak. Infeksi *ice-ice* menyerang pada pangkal *thallus*, batang dan

ujung *thallus* muda, menyebabkan jaringan menjadi berwarna putih. Pada umumnya penyebarannya secara vertikal (dari bibit) atau horizontal melalui perantara air. Infeksi akan bertambah berat akibat serangan epifit yang menghalangi penetrasi sinar matahari karena *thallus* rumput laut tidak dapat melakukan fotosintesa.

Darmayanti *et al.,* (2001) juga menjelaskan bahwa dari sampel rumput laut yang diambil dari budidaya *Kappaphycus alvarezii*, baik yang sakit atau yang sehat ditemukan bakteri kelompok vibrio dari jenis *Aeromonas sp*. Largo *et al.,* (1995) dalam penelitian rumput laut pada budidaya marga *Kappaphycus* maupun *Eucheuma* di Filipina menemukan bakteri kelompok *vibrio* dan *Cyatophaga-Flavobakterium* yang lebih dominan. Selain dari kelompok terebut juga menemukan bakteri *Aeromonas* pada (*Sargassum* dan *Thalassia*). Dari hasil penelitian tersebut ada suatu kompetisi antar bakteri pada kondisi tertentu di lingkungannya yang dapat menyebabkan penyakit.

Uyenco *et al*., (1981) mengemukakan bahwa penyakit *ice-ice* timbul karena menurunnya substansi pelindung *intraseluler* pada saat rumput laut mengalami tekanan lingkungannya. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa timbulnya penyakit pada rumput laut karena adanya perubahan lingkungan yaitu menurunnya salinitas dan intensitas cahaya. Pada umumnya penyakit *ice-ice* yang menyerang pada budidaya *Eucheuma striatum* di Maluku Tenggara bahwa munculnya penyakit *ice-ice* terjadi pada saat awal musim barat (pergantian musim timur ke barat).

(a) (b) (c)

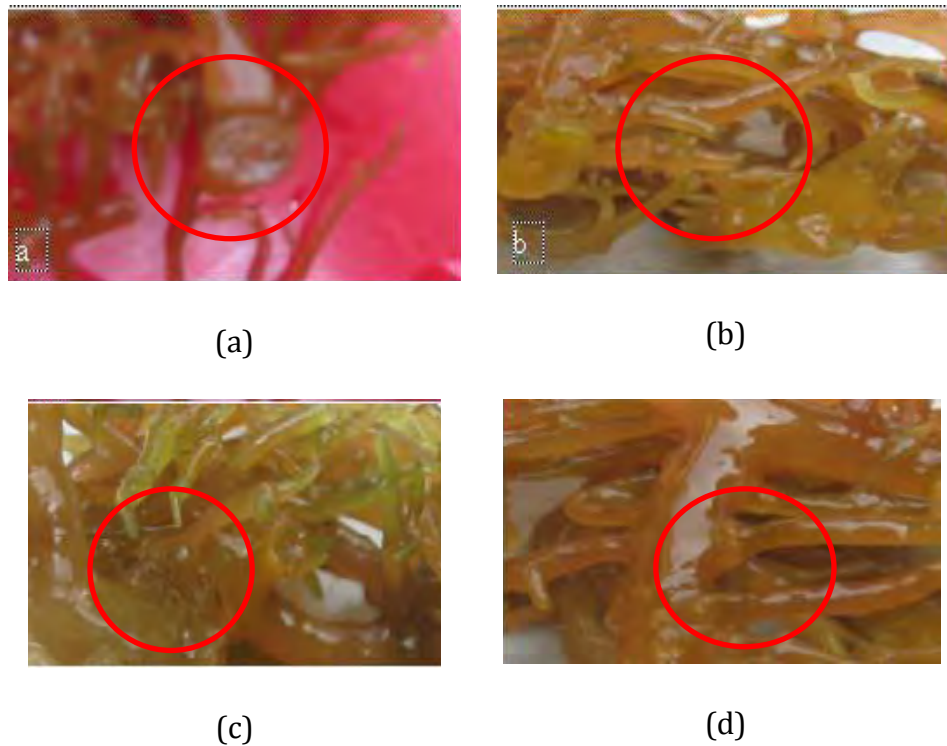
Gambar 25. Penyakit yang menyerang budidaya rumput laut

Kepadatan bakteri pada rumput laut yang sakit tersebut 10 – 100 kali lebih banyak dibanding kepadatan bakteri pada *K. alvarezii* yang sehat. Largo *et. al*. (1999) juga menjelaskan mekanisme terinfeksinya, dimana bakteri *vibrio* menempel pada *thallus* rumput laut yang stres, selanjutnya berkembang biak pada dinding sel dengan memanfaatkan polisakarida (karagenan) sebagai medianya atau sumber karbonnya. Setelah 2 – 3 hari *vibrio* masuk ke dalam jaringan sampai pada lapisan *medula* dengan cara menghidrolisa enzim karaginase (Lin *dalam* Weinberger 2007), akibatnya

budidaya makro algae *Kappaphycus alvarezii* warna *thallus* menjadi pucat/putih, jaringannya lembek serta *thallus* mudah terputus.

Tanaman budidaya akan lebih cepat terinfeksi apabila terdapat banyak bekas luka karena akan menjadi jalan masuk bagi bakteri patogen. Infeksi bakteri penyebab penyakit *ice ice* pada *thallus* dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu terinfeksi pada luka bekas pemotongan (stek untuk bibit), luka akibat gigitan ikan, luka akibat ikatan bibit terlalu erat dan masuk melalui pori-pori *thallus*.

Amiludin (2007) menerangkan bahwa pada beberapa penelitian yang dilakukan dengan diawali pengamatan pada area budidaya tampak bahwa hampir seluruh bagian tanaman yang terinfeksi *ice-ice* ditandai oleh memutihnya/memudarnya warna batang (*thalli*), berlendir yang diselimuti oleh kotoran seperti tepung putih, kulit luar atau epidermisnya terkelupas pada yang terinfeksi sehingga terlihat jaringan dalam/medulla pada *thalli*. Terinfeksinya pada *thalli* dimulai dari bagian tertentu antara lain :

1) Infeksi bermula dari bagian luka pada pangkal stek akibat dari pemetikan/ pemotongan
2) Infeksi dimulai dari bagian yang luka pada bekas gigitan predator ikan
3) Infeksi dimulai dari bagian yang luka karena gesekan/terlalu erat mengikat rumpun rumput laut
4) Infeksi akibat tertularnya bagian batang yang sehat oleh bagian batang yang terinfeksi dari satu rumpun atau berasal dari rumpun yang lain.

Gambar 26. Penyakit *ice-ice* yang diawali dari infeksi *thallus* (a) pangkal *thallus* akibat pemotongan (b) gigitan ikan (c) gesekan pengikatan yang terlalu kuat (d) tertular oleh *thallus* lain

Bakteri yang ditemukan pada *ice-ice* yang menyerang rumput laut antara lain :

1) *Pseudomonas cepacia*

Bakteri ini berbentuk batang dan gram positif, mampu menghidrolisis *arginin*, *dekarboksilase lysine*, tidak dapat mendekarboksilase *ornithine*, serta mampu memproduksi senyawa H_2S, memproduksi urea, *deaminase triptophane*, memiliki enzim *gelatin*, mengoksidasi *glukosa*, mengoksidasi *manitol*, mengoksidasi *sucrose*, mengoksidasi *cytochrome*, *motil*, dapat tumbuh pada media MacConkey, serta dapat memfermentasi dan mengoksidasi *glukosa*. *Pseudomonas cepacia* merupakan bakteri yang berada pada lingkungan perairan dan tanah (Peix *et al*. 2009 ; Pandamme and Dawindt 2011).

2) *Flavobacterium meningosepticum*

Bakteri ini berbentuk batang dan gram positif, mampu menghidrolisis *arginin*, *dekarboksilase lysine*, tidak mampu memanfaatkan *citrate* sebagai sumber karbon, *deaminase triptophane*, memiliki enzim *gelatin*, mengoksidasi *glukosa*, mengoksidasi *manitol*, mengoksidasi *sorbitol*, pada uji O/F tidak memproduksi *enzimurase*, tidak membentuk nitrit, dan tidak mengasamkan sukrosa. Koloni bakteri berbentuk bulat, licin, cembung dan pigmen kekuningan. Dari hasil isolasi dan identifikasi, bakteri ini terdapat pada *thallus* dan media budidaya yang terserang *ice-ice* yang mempunyai koloni berpigmen kuning. Bakteri ini didapatkan dari *thallus K. alvarezii* pada daerah perairan budidaya di Pulau Panggang. Menurut Jooste and Celia (1999), bakteri ini penghuni perairan laut. Menurut Largo *et al.* (1995), pada jenis rumput laut *K. alvarezii* dan *E. denticulatum* bakteri ini yang menyebabkan *ice-ice*, *Flavobacterium meningosepticum* namun tidak menyebabkan penyakit *suminori* pada jenis rumput laut.

3) *Plesiomonas shigelloides*

Bakteri ini berbentuk batang dan gram positif, memiliki enzim ß-galactosa, mampu menghidrolisis *arginin*, *dekarboksilase lysine*, *deaminase triptophane*, memproduksi *indole*, memiliki enzim *gelatin*, mengoksidasi *glukosa*, mengoksidasi *manitol*, mengoksidasi *sorbitol*, mengoksidasi *sucrose*, mengoksidasi *melibiosa*, mengoksidasi *amigladin*, mengoksidasi *arabinosa*, *motil*, dapat tumbuh pada media MacConkey, serta dapat memfermentasi dan mengoksidasi *glukosa*. *Plesiomonas shigelloides* merupakan bakteri yang terdapat di lingkungan perairan laut (Rey *et al.* 2004).

4) *Pseudomonas diminuta*

Bakteri ini berbentuk batang dan gram positif, mampu menghidrolisis *arginin*, *dekarboksilase lysine*, *dekarboksilase ornithine*, serta tidak

mampu memproduksi senyawa H2S, tidak mampu memproduksi urea, *deaminase triptophane*, mampu memproduksi *acetoin*, memiliki enzim *gelatin*, mengoksidasi *glukosa*, mengoksidasi *manitol*, mengoksidasi *sucrose*, mengoksidasi *cytochrome*, *motil*, dapat tumbuh pada media MacConkey, serta dapat memfermentasi dan mengoksidasi *glukosa*. *Pseudomonas diminuta* merupakan bakteri yang dapat meningkatkan produksi koenzim Q10, CoQ10 yang berfungsi sebagai sistem transport elektron pada *prokariota* dan *eukariota* (Bule and Rekha 2009).

5) *Vibrio alginolyticus*

Motil dan mampu memanfaatkan nitrat, glukosa, *triptophane*, *mannitol*, memiliki enzim *gelatin*, mengoksidasi *cytochrome*, dan bersifat *motil*. *Vibrio alginolyticus* merupakan salah satu bakteri dari genus *Vibrio* yang berada pada lingkungan pantai dan *estuary* yang bersifat *zoonosis* melalui produk perikanan (Austin 2010). *Vibrio alginolyticus* dapat menyebabkan penyakit akut pada kondisi tekanan suhu budidaya ikan kerapu *Epinephelus coioides* (Cui *et al.* 2010). *Vibrio alginolyticus* merupakan bakteri laut heterotropik yang memiliki ketersediaan Fe kompleks yang dapat memproduksi *catecholate siderophores* (Poorvin *et al.* 2011). *Vibrio alginolyticus* merupakan bakteri yang memiliki tingkat patogenitas tertinggi terhadap rumput laut.

Penyakit bakterial lain juga disebabkan oleh *Macrocystis pyrifera* dan *Micrococcus* umumnya menyerap pada budidaya *Laminaria*. Selain penyakit *ice-ice*, rumput laut juga dapat terserang penyakit bakterial dan jamur. Penyakit jamur yang disebabkan oleh *Hydra thalassiiae* menyerang bagian gelembung udara rumput laut *Sargassum sp*. Penyakit “ice-ice” (sebagian orang menyebutnya sebagai *white spot*) merupakan kendala utama budidaya rumput laut *Eucheuma* yang terutama disebabkan oleh perubahan lingkungan seperti arus, suhu dan kecerahan. Kecerahan air yang sangat tinggi dan rendahnya kelarutan unsur hara Nitrat dalam

perairan juga merupakan penyebab munculnya penyakit tersebut. Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa telah diisolasi beberapa jenis bakteri pada *thallus* tersebut dimana bakteri tersebut hanya merupakan penyebab kedua (*secondary impact*). Beberapa faktor abiotik yang dilaporkan dapat menjadi penyebab munculnya penyakit *ice-ice* pada budidaya *Eucheuma* di Filipina adalah kurangnya densitas cahaya, salinitas kurang dari 20 ‰, dan temperatur mencapai 33-35°C (Largo *et al*., 1995).

(a) (b)

Gambar 27. Penyakit pada rumput laut (a) infeksi bakteri dan (b) infeksi jamur

Penyakit pada rumput laut ini terjadi di daerah-daerah dengan kecerahan tinggi dan dikenal sebagai *ice-ice* dengan gejala timbulnya bercak-bercak pada bagian *thallus*, lama kelamaan akan kehilangan warna sampai menjadi putih dan terputus. Kondisi ini disebabkan karena adanya perubahan lingkungan yang ekstrim dan tidak dapat ditolerir, sehingga tanaman menjadi lemah (tidak sehat). Bila keadaan ini terus berlanjut, maka akan mengakibatkan kegagalan panen. Bercak putih (*ice-ice*) merupakan penyakit yang timbul pada musim laut tenang dan arus lemah diikuti dengan musim panas. Penyakit ini dapat merusak areal tanaman sampai mencapai 60-80% dan lamanya 1-2 bulan (Sulistijo, 2002)

Dari beberapa hasil penelitian tentang penyakit *ice-ice*, maka gagalnya musim panen di duga dapat disebabkan karena;

1) Nelayan tidak menghentikan sementara kegiatan budidayanya pada saat penyakit mewabah
2) Banyaknya predator ikan *herbivore* yang ukurannya relatif kecil (5-10 cm) seperti ikan *Siganus sp*. dan *Pomacentris sp*. pada saat rumput laut mengalami stress. Ikan-ikan tersebut memakan tunas-tunas yang tumbuh pada *thalli* serta memakan bagian *thalli*, kerugian yang diakibatkan tidak cukup berarti, namun pada bagian yang luka pada musim yang tidak menguntungkan mudah terinfeksi oleh bakteri *ice-ice*.
3) Sanitasi lingkungan yang tidak bersih (banyak sampah) juga merupakan salah satu kontribusi melimpahnya bakteri di sekitar budidaya.
4) Tidak adanya antisipasi pergantian musim yang dapat memicu terjangkitnya penyakit *ice-ice*.
5) Bibit yang digunakan selama bertahun-tahun tidak diganti dengan bibit yang segar dari luar daerah, sehingga bakteri dapat mudah beradaptasi dengan kondisi fisiologis rumput laut

Eksplorasi

Kegiatan identifikasi hama dan penyakit dapat dilakukan terintegrasi dengan kegiatan yang lain atau tersendiri. Pada kegiatan pemeliharaan dan perawatan lakukan pula identifikasi hama dan penyakit yang menyerang rumput laut yang anda budidayakan, lakukan analisa dari gejala serangan yang tampak untuk mengetahui hama dan penyakit yang menyerang. Kumpulkan data hama dan penyakit yang anda temukan! Amati dan hitung pertumbuhannya, catat jenis kelainan serta analisalah hama atau penyakit apa yang menyerang! Diskusikan hasilnya dan presentasikan di depan kelas!

c. Pengendalian hama dan penyakit rumput laut

Pengendalian hama dan penyakit rumput laut dapat dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum rumput laut yang dibudidayakan terserang hama atau penyakit. Atau dapat pula berupa upaya penanggulangan akibat hama atau penyakit yang sudah menyerang rumput laut yang dibudidayakan. Upaya pengendalian hama dan penyakit rumput laut dapat disesuaikan dengan metode penanaman rumput laut yang digunakan dalam proses budidaya serta karakteristik hama dan penyakit yang menyerang.

Permasalahan utama yang muncul pada alat budidaya rumput laut *longline* dan rakit saat ini adalah tingginya intensitas penyerangan hama dan penyakit yang dapat menurunkan produksi rumput laut masyarakat sampai 40-50 % dari total produksi. Hama yang sangat sering menyerang rumput laut adalah hama ikan *Siganus* sp. yang bergerombol banyak dan sangat menyukai rumput laut sebagai makanan utama. Disamping itu juga banyaknya penempelan lumut dan *crustacea* yang cukup sering di beberapa tempat pemeliharaan dekat muara. Penyebab utama dari munculnya penyakit *ice-ice* adalah desain metode penanaman dan letak konstruksi

tanam masyarakat biasanya terlalu dekat dengan permukaan yang sangat rentan terhadap perubahan salinitas dan suhu sebagai pemacu utama kemunculan penyakit *ice-ice*.

Pengobatan pada rumput laut yang telah dimangsa oleh hama tidak dapat dilakukan secara optimal karena membutuhkan biaya yang mahal dan tidak efisien. Sehingga sebaiknya dilakukan upaya pencegahan, beberapa upaya pencegahan yang ramah lingkungan dan ekonomis terhadap hama pemangsa (*grazer*) rumput laut antara lain :

1) Menghindari, penanaman rumput laut sebaiknya dilakukan di area yang tidak terdapat hama yang akan merugikan rumput laut. Penggeseran letak unit penanaman ke lokasi yang lebih aman juga dapat dilakukan. Pergeseran posisi penanaman menghindari daerah terumbu karang dapat menghindari pemangsaan ikan beronang
2) Menanam rumput laut dengan melimpah sehingga *grazer* akan tertekan dengan jumlah biomassa yang tinggi, meskipun akan terjadi kerugian namun jika penanaman dalam jumlah yang besar maka kerugian yang dialami karena pemangsaan relatif ringan, karena rumput laut tetap akan mendapatkan biomassa yang besar jumlahnya. Penanaman rumput laut dengan merapatkan jarak tanam juga dapat menurunkan serangan hama penyu hijau.
3) Upaya lain dapat menggunakan jaring penghalang pada area budidaya atau menggunakan metode kantong sehingga rumput laut yang ditanam akan terlindung dari serangan *grazer*.
4) Menghindari masa tanam pada musim tertentu, hal ini juga banyak dilakukan untuk menghindari *grazer*. Pada saat populasi *grazer* meningkat penanaman rumput laut dihentikan lebih dulu untuk mengurangi kerugian yang dihasilkan.
5) Menangkap *grazer* sebisa mungkin untuk mengurangi populasi *grazer* di perairan. Penangkapan *grazer* berupa ikan beronang telah banyak

dilakukan, ikan beronang juga telah menjadi salah satu ikan yang digemari untuk dikonsumsi oleh masyarakat pesisir.

Sedangkan penanggulan penyakit pada rumput laut berupa *ice-ice* dapat dilakukan dengan cara menurunkan posisi tanaman lebih dalam dari posisi semula untuk mengurangi penetrasi sinar matahari. Cara lain juga dapat dilakukan dengan pemberian pupuk nitrogen, akan tetapi upaya tersebut masih perlu dikaji lebih lanjut.

Gambar 28. Pemasangan jaring di area budidaya untuk menghindari serangan hama

Perlunya perhatian dalam menghadapi timbulnya penyakit *ice-ice* dapat melalui beberapa cara, yaitu hindari budidaya rumput laut satu sampai dua minggu menjelang musim kemarau (musim dimana penyakit mulai muncul setelahnya *algae blooming*) dan istirahat selama 1-2 bulan untuk membersihkan tali atau rakit, setelah itu baru menanam. Kemudian perhatikan juga waktu tanam/ bulan tanam yang ideal yaitu pada akhir musim hujan.

Penyegaran bibit dari luar daerah, artinya bibit lokal jangan digunakan lagi setelah bibit yang diambil dari hasil panen tiga kali berturut-turut. Perhatikan juga lokasi budidaya, termasuk didalamnya salinitas, kecerahan/kebersihan, predator, unsur hara, arus dan bebas dari ombak yang besar. Dalam jangka panjang juga perlu adanya penelitian bibit unggul secara *biomolekuler* agar memperoleh tanaman yang cepat tumbuh, *habitus*nya besar, mutu *fikokoloid*nya baik dan tahan terhadap goncangan lingkungan maupun penyakit.

Cara pencegahan dari penyakit ini adalah dengan memonitor adanya perubahan-perubahan lingkungan, terutama pada saat terjadinya perubahan lingkungan. Di samping itu dilakukan penurunan posisi tanaman lebih dalam untuk mengurangi penetrasi cahaya sinar matahari. Menambah kedalaman konstruksi tanam pada perairan juga dapat dijadikan salah satu upaya penanganan *ice-ice* pada rumput laut. Permukaan perairan memiliki karakter perairan yang tidak stabil, terutama salinitas dan intensitas cahaya matahari. Perubahan lingkungan yang drastis ini mampu memacu stres rumput laut.

Beberapa petani rumput laut melakukan upaya perendaman bibit rumput laut ke dalam larutan PK terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya penyakit *ice-ice* pada rumput laut. PK juga bermanfaat dalam mencegah terserangnya bakteri yang berpotensi menempel pada luka pemotongan pangkal bibit.

Eksplorasi

Setelah anda dapat mengidentifikasi serangan hama dan penyakit berdasarkan gejala serangan. Dapatkan anda melakukan pengendalian terhadap hama penyakit tersebut? Lakukanlah upaya pencegahan terhadap serangan ice-ice yang dapat menyerang rumput laut dengan mengontrol rumput laut yang anda tanam secara berkala dan memilih waktu penanaman yang tepat!

3. Tugas

Setelah anda dapat mengidentifikasi serangan hama dan penyakit berdasarkan gejala serangan. Dapatkan anda melakukan pengendalian terhadap hama penyakit tersebut? Buatlah suatu desain pencegahan serangan hama dan penyakit yang anda pelihara, terapkan pada kegiatan budidaya yang akan datang sebagai upaya perbaikan dan peningkatan hasil panen anda! Diskusikan dengan kelompok anda dan sampaikan desain yang telah anda buat didepan kelas!

4. Refleksi

Isilah pernyataan berikut ini sebagai refleksi pembelajaran!

a Dari hasil kegiatan pembelajaran tersebut, apa saja yang telah anda peroleh baik dari aspek pengetahuan, keterampilan dan sikap?

---

b Apakah anda merasakan manfaat dari pembelajaran tersebut, jika ya apa manfaat yang anda peroleh? jika tidak mengapa?

---

c Apa yang anda rencanakan untuk mengimplementasikan pengetahuan, keterampilan dan sikap dari apa yang telah anda pelajari?

---

d Apa yang anda harapkan untuk pembelajaran berikutnya?

---

5. Tes Formatif

1 Hama rumput laut dapat dibedakan menjadi 2 kelompok berdasarkan ukurannya, hama yang berukuran < 2 cm disebut juga…

a. Hama mikro
b. Hama makro
c. Hama renik
d. Epifit

2 Yang termasuk hama mikro antara lain…

a. Larva bulu babi dan larva teripang
b. Larva bulu babi dan teritip
c. Teritip dan larva teripang
d. Teritip dan ikan beronang

3 Epifit yang menempel pada rumput laut budidaya diperoleh dari…

a. Substrat budidaya yang menempel pada *thallus*
b. Gerakan angin di permukaan perairan
c. Spora rumput laut liar yang menempel
d. Salinitas perairan yang berubah-ubah

4 Ikan beronang dan penyu hijau termasuk hama rumput laut yang bersifat…

a. Grazer

b. Detritif

c. Filter feeder

d. Substrat feeder

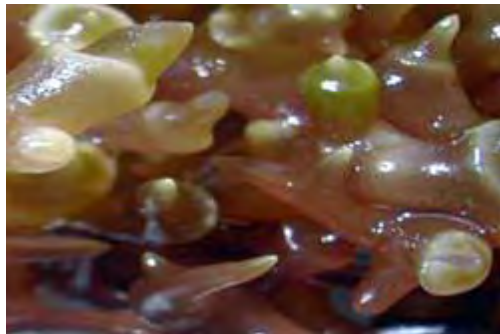
5 Jenis rumput laut lain seperti alga *Ectocarpus*, *Ulva sp*. dan *Enteromorpha* juga merupakan hama makro bagi budidaya rumput laut, hal ini disebabkan karena, kecuali…

a. Adanya persaingan dalam hal memperoleh nutrisi

b. Adanya persaingan dalam hal memperoleh oksigen terlarut

c. Adanya persaingan dalam hal memperoleh kekeruhan perairan

d. Adanya persaingan dalam hal memperoleh intensitas cahaya matahari

6

Dari gambar diatas dapat dijadikan pendeteksi atas serangan yang terjadi pada rumput laut, menurut anda rumput laut tersebut terserang oleh…

a. Ice-ice

b. Siput

c. Ikan beronang

d. Penyu hijau

7 Penyakit *ice-ice* pada rumput laut diawali karena stres yang dialami, stres pada rumput laut dapat disebabkan karena…

a. Penambahan jumlah bibit pada unit penanaman
b. Perubahan lingkungan yang drastis
c. Bakteri yang melimpah diperairan
d. Serangan hama ikan beronang

8 Bakteri juga dapat menginfeksi rumput laut yang stres sehingga dapat memperparah ice-ice pada rumput laut, bakteri yang umum ditemukan pada rumput laut sakit adalah, kecuali…

a. *Pseudomonas cepacia*
b. *Vibrio alginolyticus*
c. *Macrocystis pyrifera*
d. *Hydra thalassiiae*

9

Penyakit *ice-ice* dapat dipicu karena adanya infeksi pada thalus rumput laut, dari gambar diatas infeksi yang menyebabkan *ice-ice* adalah…

a. Infeksi bermula dari bagian luka pada pangkal stek akibat dari pemetikan/ pemotongan
b. Infeksi dimulai dari bagian yang luka pada bekas gigitan predator ikan
c. Infeksi dimulai dari bagian yang luka karena gesekan/terlalu erat mengikat rumpun rumput laut
d. Infeksi akibat tertularnya bagian batang yang sehat oleh bagian batang yang terinfeksi dari satu rumpun atau berasal dari rumpun yang lain.

10 Upaya penanggulangan atau pencegahan serangan hama pada rumput laut adalah dengan…

a. Pembuatan pagar atau jaring pada area sekitar budidaya
b. Pemberian desinfektan pada area budidaya
c. Perendaman rumput laut pada larutan PK
d. Perendaman rumput laut pada air tawar

C. Penilaian

1. Penilaian Sikap

INSTRUMEN PENILAIAN PENGAMATAN SIKAP
DALAM PROSES PEMBELAJARAN

Petunjuk :

Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria sebagai berikut :

Nama Peserta Didik : ....
Kelas : ....
Topik : ....
Sub Topik :..........................
Tanggal Pengamatan : ....
Pertemuan ke : ....

No	Aspek Pengamatan	Skor				Keterangan
		1	2	3	4	
1	Sebelum memulai pelajaran, berdoa sesuai agama yang dianut siswa					
2	Interaksi siswa dalam konteks pembelajaran di kelas					
3	Kesungguhan siswa dalam melaksanakan praktek					
4	Ketelitian siswa selama mengerjakan praktek					
5	Kejujuran selama melaksanakan praktek					
6	Disiplin selama melaksanakan praktek					

No	Aspek Pengamatan	Skor				Keterangan
		1	2	3	4	
8	Tanggung jawab siswa mengerjakan praktek					
9	Kerjasama antar siswa dalam belajar					
10	Menghargai pendapat teman dalam kelompok					
11	Menghargai pendapat teman kelompok lain					
12	Memiliki sikap santun selama pembelajaran					
	Jumlah					
	Total					
	Nilai Akhir					

Kualifikasi Nilai pada penilaian sikap

Skor	Kualifikasi
1,00 – 1,99	Kurang
2,00 – 2,99	Cukup
3,00 – 3,99	Baik
4,00	Sangat baik

$$\textbf{NA} = \frac{\sum \textbf{skor}}{\textbf{12}}$$

RUBIK PENILAIAN PENGAMATAN SIKAP

DALAM PROSES PEMBELAJARAN

ASPEK	KRITERIA	SKOR
L. Berdoa sesuai agama yang dianut siswa	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
M. Interaksi siswa dalam konteks pembelajaran	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1

ASPEK	KRITERIA	SKOR
N. Ketelitian siswa selama mengerjakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
O. Kejujuran selama melaksanakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
P. Disiplin selama melaksanakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
Q. Memiliki sikap santun selama pembelajaran	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
R. Tanggung jawab siswa mengerjakan praktek	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
S. Kesungguhan dalam mengerjakan tugas	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
T. Kerjasama antar siswa dalam belajar	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
U. Menghargai pendapat teman dalam kelompok	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1
V. Menghargai pendapat teman dalam kelompok	Selalu tampak	4
	Sering tampak	3
	Mulai tampak	2
	Belum tampak	1

DAFTAR NILAI SISWA ASPEK SIKAP DALAM PEMBELAJARAN

TEKNIK NON TES BENTUK PENGAMATAN

Nama Peserta Didik : ....

Kelas : ....

Topik : ....

Sub Topik :........................

Tanggal Pengamatan : ....

Pertemuan ke : ....

No	Nama Siswa	Skor Aktivitas Siswa											Jlh	NA
		Aspek Sikap												
		Berdoa sebelum belajar	Interaksi	Ketelitian	Kejujuran	Disiplin	Santun	Tanggungjawab	Kesungguhan	Kerjasama	Menghargai dlm klpk	Menghargai klpk lain		
1														
2														
3														
4														
5														

2. Penilaian Pengetahuan

Jawablah soal berikut dibawah ini

a. Jelaskan hama mikro yang menyerang rumput laut, serta berikan contohnya!

b. Jelaskan hama makro yang menyerang rumput laut, serta berikan contohnya!

c. Jelaskan penyebabkan terjadinya penyakit *ice-ice* pada rumput laut!

d. Jelaskan gejala-gejala rumput laut yang terserang *ice-ice*!

e. Jelaskan cara penanggulangan rumput laut yang terserang *ice-ice*

3. Penilaian Keterampilan

INSTRUMEN PENILAIAN PENGAMATAN ASPEK KETERAMPILAN
DALAM PROSES PEMBELAJARAN

Nama Peserta Didik : ....
Kelas : ....
Topik : ....
Sub Topik :...........................
Tanggal Pengamatan : ....
Pertemuan ke : ....

Petunjuk :

Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria sebagai berikut :

No	Aspek Pengamatan	Skor				Ket
		1	2	3	4	
1	Membaca buku bacaan / sumber belajar lainnya sebelum pelajaran					
2	Memahami konsep 5M dalam pembelajaran					
3	Mengaplikasikan kegiatan 5M yang dicantumkan					
4	Mengidentifikasi hama rumput laut					
5	Menganalisa serangan hama rumput laut					
6	Mengidentifikasi penyakit rumput laut					
7	Menganalisa sebab akibat serangan penyakit rumput laut					
8	Mencegah serangan hama dan penyakit rumput laut					
9	Keterampilan mengendalikan serangan hama dan penyakit rumput laut					

No	Aspek Pengamatan	Skor				Ket
		1	2	3	4	
10	Menulis laporan praktek sesuai out line yang dianjurkan					
11	Menulis laporan dengan memaparkan dan membahas data hasil praktek					

Keterangan skor :

1 : tidak terampil, belum dapat melakukan sama sekali

2 : sedikit terampil, belum dapat melakukan tugas dengan baik

3 : cukup terampil, sudah mulai dapat melakukan tugas dengan baik

4 : terampil, sudah dapat melakukan tugas dengan baik

III. PENUTUP

Buku teks siswa dengan judul Teknik Penanaman Rumput Laut jilid 2 ini merupakan salah satu literatur yang dapat digunakan oleh peserta didik dalam mendapatkan informasi dan membantu kegiatan pembelajaran melalui beberapa kegiatan yang ada didalamnya. Peserta didik yang mempelajari buku ini selain mendapatkan informasi melalui membaca, peserta didik juga akan lebih memahami materi yang disampaikan karena sesuai dengan metode *scientific learning*, jadi peserta didik diharapkan dapat melaksanakan seluruh kegiatan yang disajikan dalam buku teks. Peserta didik juga diharapkan dapat mencari informasi lebih dari sumber lain untuk menambah wawasan tentang teknik penanaman rumput laut. Saran dan kritik sangat diharapkan demi tercapainya tujuan pembelajaran yang optimal dan kesempurnaan penyusunan buku teks yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina L. 2004. Dasar Nutrisi Tanaman. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.

Akbar, S ; Puja Runtuboy , N dan Meiyana M. 2001 Teknologi Budidaya Rumput Laut, DKP, Dirjen Perikanan Budidaya, BBL Lampung.

Amaludin N M. 2007. Kajian Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* yang Terkena Penyakit *Ice Ice* di Perairan Pulau Pari Kepulauan Seribu. Thesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Amini, S. dan A. Parenrengi. 1994. Perbanyakan Benih *Gracilaria verrucosa* In Vitro dengan Perlakuan Pupuk yang Berbeda. Jurnal Penelitian Budidaya Pantai, Maros. 10 (2) : 19-28.

Anggadiredja, J.T. 2007. *Potential and Prospect of Indonesia Seaweed Industry Development*. The Indonesia Agency For The Assessment And Application Of Technology – Indonesia Seaweed Society. Jakarta

Djokosetiyanto D, I Effendi dan K L Antara. 2008. Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* Varietas Maumere, Varietas Sacol Dan *Eucheuma denticulatum* di Perairan Musi, Buleleng. Jurnal Ilmu Kelautan Vol. 13 (3) Hal 171 – 176.

Apriyana, D. 2006. Studi Hubungan Karakteristik Habitat Terhadap Kelayakan Pertumbuhan dan Kandungan Karagenan Alga *Eucheuma spinosum* di Perairan Kecamatan Bluto Kabupaten Sumenep. Tesis (Tidak Dipublikasikan). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Aris M. 2011. Identifikasi, Patogenisitas Bakteri dan Pemanfaatan Gen 16s-rRna untuk Deteksi Penyakit *Ice-Ice* pada Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*). Thesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Aslan M. 1998. Budidaya Rumput Laut. Yogyakarta: Kanisius. 89 Hlm.

Aslan, M, La Ode, Ir. 2002. Budidaya Rumput Laut. Cetakan Kelima. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Atmadja, W. S dan Sulistijo, 1977. Usaha Pemanfaatan Bibit Stek Alga Laut *Eucheuma spinosum* (L) J. Agradh di Pulau-Pulau seribu untuk Dibudidayakan. Dalam : Teluk Jakarta, Sumberdaya, Sifat-Sifat Oseanologis Serta Permasalahannya. Editor : M. Hutomo, K. Romimohtarto dan Burhanuddin. LON LIPI, Jakarta : Hal 433-449.

Atmadja W.S. 2007. Apa Rumput Laut Itu Sebenarnya?. Artikel Seaweed www.rumputlaut.org

Bhatt, J. J. 1978. *Oceanography Exploring The Planet Ocean*. D'von Nonstrand Company. Toronto.

Chapman VJ, DJ Chapman. 1980. *Seaweeds And Their Uses*. Third Edition. London, New York: Chapman and Hall. 333 P.

Darmayanti, Y.A, Hatmanti,N, Farida dan Surahman. 2001. Studi Hama dan Penyakit. Laporan Akhir Penelitian Pengembangan Bibit Unggul Rumput Laut, Pengelolaan Kualitas Air serta Hama dan Penyakitnya. Proyek Penelitian, Pengembangan dan Pemanfaatan Sumberdaya Laut Dalam Pusat Penelitian Oseanografi-LIPd. Jakarta.

Dawes CJ. 1981*. Marine Botany*. New York: John Wiley dan Sons, University Of South Florida. 268 P.

Dawes, C.J, D.P Cheney and A.C Mathieson. 1974. *Ecological Studies of Floridian Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales). Seaseonal Growth and Reproduction. Bull. Marine Science. Vol.24 (2) : 235 - 273

Dawson E.Y. 1966. *Marine Botani In Introduction*. United States Museum Holt. Rinehart and Winston Inc. New York. 371 Hal

Doty M S. 1987. *The Production and Use of Eucheuma In Case Studies of Seven Commercial Seaweed Resources.* Editor M S Doty, J F Caddy, B Santelices. FAO Technical Paper No. 281. Fao. Roma Hal 123 - 161

Doty, M. S. 1973. *Eucheuma Farming For Carrageenan*. Univ. Hawaii. Sea Grant Report. Unihi Seagrant.United States Of Amerika.

Doty, M.S., dan E. P. Glenn. 1981. *Aquatic Botany. Photosynthesis and Respiration Of The Tropical Red Seaweeds*, *Eucheuma striatum* (Tambalang And Elkhorn Varieties) and *E. denticulatum*. Elseiver Scientific Publishing Company. Amsterdam.

Dwidjosaputro. 1992. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Dwidjoseputro. 1989. Dasar Dasar Mikrobiologi, Penerbit Djambatan, Jakarta

Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelola Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 257 Hal.

Eidman, M. 1991. Studi Efektifitas Bibit Alga (Rumput Laut). Salah Satu Upaya Peningkatan Produksi Budidaya Algae Laut (*Eucheuma* sp). Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Friedrich, H. 1973. *Marine Biology, An Introduction To Its Problem And Result,* University Of Washington Press. United States Of America.

Fritz, G. J. 1986. *The Stucture And Reproduction Of The Algae* Volume 2. Vicas Publisher House.

Graham L.E. and Wilcox L.W. 2000. *Algae.* University Of Wisconsin Prentice–Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

Gusrina. 2004. Penanaman Rumput Laut di Laut. Modul Pbd.Rl.01.003i.01. Depdiknas. Jakarta.

Handoko. 1995. Klimatologi Dasar (Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-Unsur Iklim). Di dalam Abujamin A.N. *et al*. Pustaka Jaya. Bogor.

Hutabarat, J. 1988. Evaluasi Kondisi Biohidrography dalam Penentuan Lokasi Budidaya Laut. Workshop Budidaya Laut. Jepara. 10 Hal.

Iksan, K. H. 2005. Kajian Pertumbuhan, Produksi Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*), Dan Kandungan Karaginan pada Berbagai Bobot Bibit dan Asal *Thallus* di Perairan Desa Guraping Oba Maluku Utara. Tesis (Tidak Dipublukasikan). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Indriani, H., dan E. Sumiarsih. 1999. Budidaya, Pengolahan, dan Pemasaran Rumput Laut (Cetakan 7), Penebar Swadaya, Jakarta.

Kadi, A., dan W. S. Atmadja. 1988. Rumput Laut (Algae) Jenis. Reproduksi. Produksi. Budidaya Dan Pasca Panen. Proyek Studi Potensi Sumberdaya Alam Indonesia. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi. LIPI. Jakarta.

Kamlasi, Y. 2008. Kajian Ekologis Dan Biologi Untuk Pengembangan Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) di Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang. Bogor: Thesis. Institut Pertanian Bogor.

Kholifah U, Ninis Trisyani dan Is Yuniar. 2008. Pengaruh Padat Tebar yang Berbeda Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan pada Polikultur Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) pada Hapa di Tambak Brebes – Jawa Tengah.

Kimball, J.W. 1990., **Biologi**., Edisi Kelima., Jilid 1., Penerbit Erlangga., Jakarta.

Kuhl, A. 1974. Phosphorus *In* : Stewart W. D. P. (Ed). Algae Phisiology and Biochemistry : Hal : 639-653.

Laode, M, Ir. 2002. Budidaya Rumput Laut. Penerbit Kanisius. Yogyakarta

Largo, Bd, Fukami and T Nishijima. 1995. *Occasional Pathogenic Bacteria Promoting Ice-Ice Disease In The Carageenan-Producing Red Algae Kappaphycus Alvarezii And Eucheuma Denticulatum (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta)*. Journal Of Applied Phycology 7: 545-554.

Loka Budidaya Laut Lombok . 2003. Penyediaan Bibit Unggul Rumput Laut *Eucheuma cottonii.* Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan Dan Perikanan. Jakarta

Luning. 1990. *Seaweeds, Their Environmental, Biogeography and Ecophysiology,* A Willey Interscience Publication, John Willey And Sons Inc, New York.

Masrawati. 1999. Struktur Komunitas Rumput Laut di Taman Wisata Gili Air- Meno-Trawangan, Lombok, Nusa Tenggara Barat. Skripsi (Tidak Dipublikasikan). Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Msuya, F.E, and K.M. Sulon. 2006. *Quality and Quantity Of Phycocolloid Carrageenan In The Seaweeds Kappaphycus Alvarezii and Eucheuma Denticulatum* As Affected By Grow Out Period, Seasonality, *and Nutrient Concentration In Zanzibar,* Tanzania. Report Submitted To Cargill Texturizing Solutions, 46 pp.

Mubarak, H., dan I.S. Wahyuni. 1981. Percobaan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma spinosum* di Perairan Lorok Pacitan dan Kemungkinan Pengembangannya. Bul. Panel. Perikanan Vol. 1 No. 2. Badan Litbang Pertanian Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perikanan. Hal : 157-166.

Mubarak,H., S. Ilyas, W.Ismail, I.S. Wahyuni, S.T. Hartati, E. Pratiwi, Z. Jangkaru, dan R. Arifuddin. 1990. Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut*.* Seri Pengembangan Hasil Penelitian Perikanan No. Php/Kan/Pt/13/1990. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta. 94 Hal.

Neish L. 2003. *The ABC Of Eucheuma Seaplant Production. Agronomy, Biology and Crop-Handling Of Betaphycus, Eucheuma and Kappaphycus The Gelatinae, Spinosum and Cottonii Of Commerce.* Monograph # 1-0703, Surialink.Com

Nontji A. 1993. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta.

Nontji, A. 1987*.* Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta 367 Hal.

Nurniswati, S. 1989. Praktek Kerja Tentang Budidaya Rumput Laut (*Gracilaria* sp) di Tambak Kabupaten Lamongan. Laporan Praktek Kerja. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.

Nybakken, 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi. Gramedia. Jakarta. 459 Hal

Odum, E.P. 1971. *Fundamentals Of Ecology*. University Of Georgia. Athens Georgia (Diterjemahkan Oleh Samingan dan Srigandono). 697 Hal

Parenrengi, A. dan S. Amini. 1994. Kultur Rumput Laut, *Gracilaria* In Vitro pada Berbagai Panjang Eksplan. J.Penelitian Budidaya Pantai, Maros. 10(2): 29-34.

Patadjal, R. S. 1993. Pengaruh Pupuk TSP Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Rumput Laut *Glacillaria gigas* Harv. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 14-19.

Pratomo dan Sulistiyowati. 2002. Kajian Perairan Pulau Kelapa Untuk Budidaya Rumput Laut. Http://Rudyct.Tripod.Com

Puja Y. Pudjiharno, dan Aditya Tw. 2001. Pemilihan Lokasi. Teknologi Budidaya Rumput Laut *(Kappaphycus alvarezii)*. Direktorat Perikanan Budidaya. Departemen Perikanan dan Kelautan. Balai Budidaya Laut Lampung. Hal 13-18.

Rosdiana, L.H. 2003. Pengaruh Kedalaman dan Asal Stek yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* Doty di Perairan Sodong Cilacap. Skripsi Fakultas Biologi. Unsud. Purwokerto. 38 Hal.

Salisbury F.B dan C.W Ross. 1992. Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan Diah, R L dan Sumaryono. Penerbit ITB. Bandung: 584 Hal.

Santoso L dan Y T. Nugraha. 2008. Pengendalian Penyakit Ice-ice untuk Meningkatkan Produksi Rumput Laut Indonesia. Jurnal Saintek Perikanan Vol.3 No.2. Hal 37 – 43.

Sardiati dan Widiastuti. 2010. Pertumbuhan dan Produksi Rumput Laut *Eucheuma cottonii* pada Kedalaman Penanaman yang Berbeda. Media Litbang Sulteng III (1) : 21 – 26, Mei 2010 . Issn : 1979 - 5971

Sary, I.R. 2004. Penanaman Rumput Laut di Tambak. Modul PBD.Rl01.004i.01. Depdiknas. Jakarta.

Semangun H. 1996. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. 754 Hal.

Setyogati W. 2004. Evaluasi Perairan Plawangan Timur Kabupaten Cilacap Untuk Pengembangan Budidaya Rumput Laut *(Eucheuma cottonii)*. Skripsi. Fakultas Periknan Dan Ilmu Kelautan Undip. Semarang. 89 Hal.

Setyogati W. 2009. Teknik Pemeliharaan Rumput Laut. Bahan Ajar Diklat Dasar-Dasar Budidaya Rumput Laut. Pppptk Pertanian Cianjur.

Sidjabat, M. M. 1973. Pengantar Oseanografi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Sinaga, T. 1999. Sturuktur Komunitas Rumput Laut Di Perairan Rataan Terumbu Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta Utara. Skripsi (Tidak Dipublikasikan). Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Soegiarto, A. W., Sulistijo., dan H. Mubarak. 1978. Rumput Laut (Algae) Manfaat. Potensi dan Usaha Budidayanya. Lembaga Oseanologi Nasional. Lipi. Jakarta.

Sukadi, F. 2007. Pengembangan Budidaya Rumput Laut di Indonesia. Makalah disampaikan pada Seminar Kebijakan Investasi Bidang Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan 5 Juli 2007. Ditjen P2HP. DKP.

Sulistijo dan W. S. Atmadja. 1996. Perkembangan Budidaya Rumput Laut di Indonesia. Puslitbang Oseanografi LIPI. Jakarta.

Sulistijo. 1994. *The Harfest Quality Of Alvarezzi Culture by Floating Method In Pari Island North Jakarta*. Research and Development Center For Oceanology Indonesia Institut Of Science. Jakarta.

Sulistyo. 1988. Hama, Penyakit dan Tanaman Pengganggu pada Budidaya Rumput Laut *Eucheuma*. Puslitbang Oceanologi, LIPI. dalam : Teknologi Budidaya Rumput Laut.

Soelistyo. 1987. Rumput Laut (Algae) Manfaat, Potensi dan Usaha Budidayanya. Lembaga Oceanologi Nasional. LIPI. Jakarta. 89 Hal.

Supit, S. D. 1989. Karakteristik Pertumbuhan dan Kandungan Caragenan Rumput Laut (*Eucheuma cattonii*) yang Berwarna Abu-Abu Cokelat dan Hijau yang Ditanam di Goba Lambungan Pasir Pulau Pari, Karya Ilmiah (Tidak Dipublikasikan). Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Susana, T. 1989. Kadar Fosfat di Beberapa Muara Sungai Teluk Jakarta. Prosiding Seminar Ekologi Laut dan Pesisir. P3O-LIPI. Jakarta.

Susanto, AB dan M, Anis. 2003. Pengembangan Program Keahlian Budidaya Rumput Laut Pada SMK dan Community College. Dalam Algae Indonesia. Ikatan Fikologi Indonesia. Jakarta

Syahputra, Y. 2005. Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cattonii* pada Kondisi Lingkungan yang Berbeda dan Perlauan Jarak Tanam di Teluk Lhok Seudu. Tesis (Tidak di Publikasikan). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Tim Penulis Penebar Swadaya. 2003. Rumput Laut : Budidaya , Pengolahan Dan Pemasaran. Penebar Swadaya. Jakarta

Trono GC, Trorino dan F.G. Fortes 1988. *Philippine Seaweeds*. National Book Stone Inc. Manila.

Trono GC. 1992. Suatu Tinjauan Tentang Tehnologi Produksi Jenis Rumput Laut Tropis yang Bernilai Ekonomis. Dirjen Perikanan Jakarta.

Uyenco FR, Saniel LS, Jacinco GS. 1981. *The Ice-Ice Problem In Seafarming*. International Seaweed Symposium X Th.625-630.

Veronika dan Izzati M. 2009. Kandungan Klorofil, Fikoeritrin dan Karagenan pada Rumput Laut *Eucheuma spinosum* yang Ditanam pada Kedalaman yang Berbeda. Jurnal Anatomi Fisiologi XVII (2) Hal. 55 - 63

Waryat dan Kurniasih, T. 2002. Rumput Laut : Aspek Gizi dan Pemanfaatannya dalam Industri Pangan. Penerbitan Warta Penelitian Perikanan Indonesia. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta

Widjajanto, S; Permadi, Aef, Widyastuti. 2003. Ada Apa dengan Laut (Pemanfaatan Sumber Daya Perairan). Departemen Kelautan dan Perikanan. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Perikanan. Jakarta

Widyastuti. S. 2007. Kadar Karagenan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Strain Maumere dan Tembalang pada Beberapa Umur Panen di Muluk, Lombok Tengah. Agroteksos. Vol 17 No. 2. Hal 123 – 128.

Widyastuti, N. dan Tjokrokusumo, D. 2004. Peranan Beberapa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Tanaman Pada Kultur In Vitro. Jurnal Sains dan Tekhnologi V3.N5.08. http://www.iptek.net.id

Winarno, F. G. 1996. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.

Yulianto K dan Hatta M. Pengaruh Beberapa Faktor Pengontrol Terhadap Keberhasilan Budidaya *Kappaphycus striatum* (Schimtz) Doty (Rhodophyta) di Perairan Tual Maluku Tenggara. Perairan Maluku Dan Sekitarnya, Vol.10:13-21

Yulianto K dan Mira S. 2009. Budidaya Makro Algae *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Secara Vertikal dan Gejala Penyakit ”Ice-Ice” di Perairan Pulau Pari. Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia 35 (3) : 323-332 ISSN 0125 – 9830

Zatnika A dan Angkasa WI. 1994. Teknologi Budidaya Rumput Laut. Makalah pada Seminar Pekan Akuakultur V. Tim Rumput Laut BPP Teknologi Jakarta. Jakarta.

Zuccarello G.C, A. T. Critchley, J. Smith, V Sieber, G B Lhonneur and John A. West. 2006. *Systematics and Genetic Variation In Commercial Kappaphycus and Eucheuma* (Solieriaceae, Rhodophyta). Journal Of Applied Phycology.